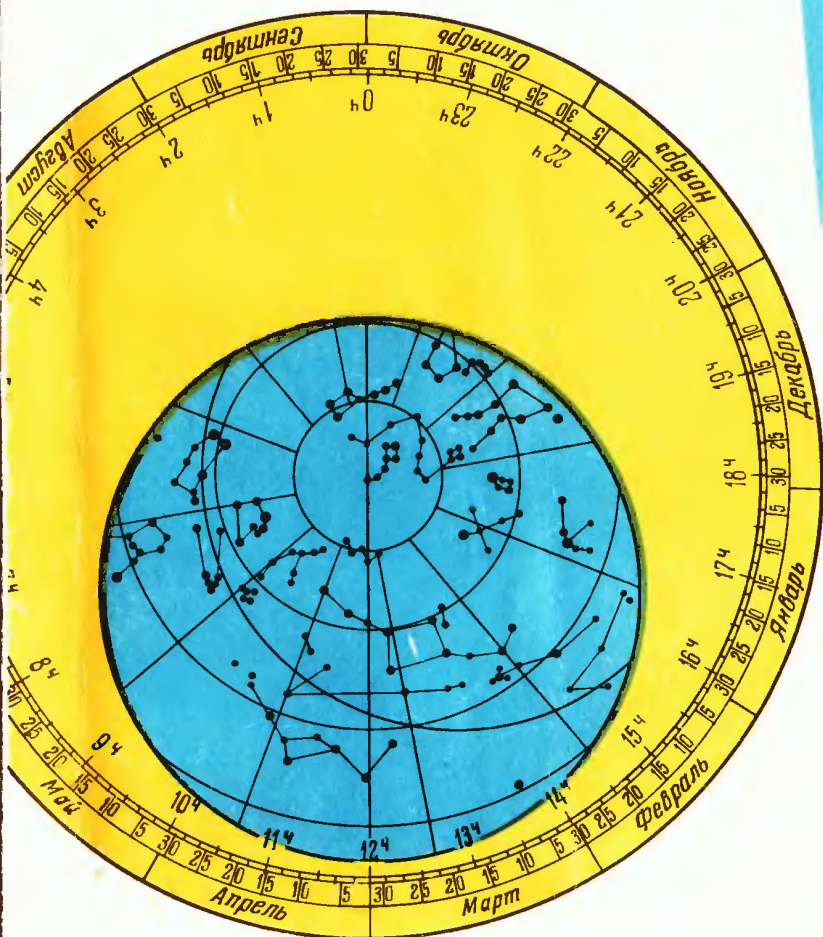


VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

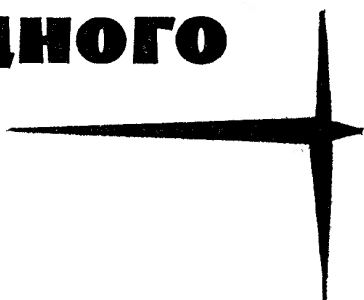
М.М.ДАГАЕВ

НАБЛЮДЕНИЯ ЗВЕЗДНОГО НЕБА



М. М. ДАГАЕВ

НАБЛЮДЕНИЯ ЗВЕЗДНОГО НЕБА



ИЗДАНИЕ ШЕСТОЕ, ДОПОЛНЕННОЕ



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1988

ББК 22.6
Д14
УДК 522(023)

Д14 **Дагаев М. М.**
Наблюдения звездного неба. — 6-е изд.,
доп. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.,
1988. — 176 с. 40 к.
ISBN 5—02—013868—1

Популярный рассказ об ориентировании по звездному небу и об основных причинах изменения условий видимости созвездий на протяжении года. Описываются наиболее яркие объекты, доступные наблюдениям в малые телескопы. Приводятся методы простейших наблюдений планет, переменных звезд и метеоров, вполне доступные начинающим любителям астрономии. Специальный раздел посвящен изготовлению простейшего самодельного телескопа.

Для начинающих любителей астрономии; может служить пособием в работе астрономических кружков и преподавателей астрономии.

Д $\frac{1705060000-078}{053(02)-88}$ 150-88

ББК 22.6

© Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1983;
с изменениями, 1983

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Глава первая. Звездное небо	5
1. Созвездия — участки звездного неба	5
2. Звездные карты и путеводитель по небу	22
3. Принципы ориентировки по звездам	47
4. Млечный Путь	53
Глава вторая. Выдающиеся объекты звездного неба	61
5. Двойные и кратные звезды	61
6. Звездные скопления	66
7. Переменные звезды	71
8. Светлые диффузные туманности	85
9. Звездные системы — галактики	88
Глава третья. Движущиеся светила ночного неба	91
10. Планеты	91
11. Луна	122
12. Кометы	134
13. Падающие звезды и небесные камни	141
Глава четвертая. Простейшая самодельная астрономическая труба	152
Глава пятая. Справочный отдел	161
Табл. 1. Греческий алфавит	161
Табл. 2. Созвездия, видимые в СССР	161
Табл. 3. Список сравнительно ярких светлых галактических туманностей	164
Табл. 4. Список некоторых двойных и кратных звезд	165
Табл. 5. Список ярких звездных скоплений	168
Табл. 6. Список ярких галактик	170
Табл. 7. Список переменных звезд для начальных наблюдений	171
Табл. 8. Главные метеорные потоки	172
Табл. 9. Крупные детали видимого полушария Луны	172
Список популярных изданий по астрономии	173
Адреса наиболее крупных отделений Всесоюзного астрономического общества при Академии Наук СССР	174
Подвижная карта звездного неба (вкладки 1 и 2)	
Фотографическая карта Луны (вкладки 3 и 4)	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта небольшая книжка предназначена для начинающих любителей астрономии и, конечно, не может охватить даже малой доли всего того интересного, что сейчас имеется в астрономии. Цель книжки — познакомить читателей с основными созвездиями звездного неба и с интересными небесными объектами, доступными наблюдениям скромными любительскими средствами и даже невооруженным глазом. Наиболее приемлемыми и имеющими научную ценность являются любительские наблюдения переменных звезд, метеоров, покрытий звезд Луной и явлений в системе спутников Юпитера.

Одновременно автору хотелось подчеркнуть, что астрономия — не описательная, а хотя и очень интересная, но все же сложная физико-математическая наука, изучающая законы природы и пользующаяся точными математическими построениями.

Любителям астрономии, желающим изучать эту увлекательную науку, рекомендуется научно-популярная литература, по ознакомлении с которой и при достаточной физико-математической подготовке они смогут освоить курс общей астрономии.

Если среди многочисленных любителей астрономии хотя бы несколько человек, прочитав книжку, увлекутся астрономией, начнут всерьез ее изучать и регулярно наблюдать звездное небо, то автор с удовлетворением будет считать свою задачу выполненной.

От издательства. Во время подготовки книги к выпуску ее автор доцент Михаил Михайлович Дагаев скончался. М. М. Дагаев был автором не только этой книги, но и других, которые были высоко оценены педагогической и научной общественностью. Издательство особо отмечает заслуги М. М. Дагаева в создании научно-популярных и педагогических книг.

1. Созвездия — участки звездного неба

В темную, безлунную и безоблачную ночь на небе видно множество звезд. Кажется, трудно разобраться в этой величественной картине звездного неба, о которой вдохновенно писал наш великий соотечественник М. В. Ломоносов (1711—1765):

«Открылась бездна звезд полна,
Звездам числа нет, бездне — дна».

Еще трудней представляется задача пересчитать все видимые на небе звезды. Но трудная на первый взгляд, она становится вполне разрешимой, если применить правильные способы ее решения. Эти способы создавались не сразу, а десятилетиями и веками, и первые из них уходят своими корнями в глубокую древность. Именно на заре человеческого общества, когда впервые возникло примитивное производство, уже кочевым племенам необходимо было ориентироваться при переходах с места на место с тем, чтобы отыскать путь к прежним местам стоянок. На более высокой ступени развития человеческого общества, при возникновении земледелия, появилась необходимость вести, хотя бы и грубый, счет времени для регулирования сельскохозяйственных работ.

Какой же выход видели из создавшегося положения древние народы, не имевшие в своем распоряжении даже самых элементарных начатков современных нам наук? Единственно, что было всегда перед ними, а вернее, над ними, — это звездное небо, по которому древние народы стали постепенно учиться ориентироваться на местности и вести счет времени. Практическая необходимость изучения звездного неба привела к зарождению науки, получившей впоследствии в

Древней Греции название астрономии, происшедшее от двух греческих слов: *астрон* — звезда и *номос* — закон.

Но само название совсем не служит доказательством зарождения и развития этой науки только в Древней Греции. Астрономия возникла и самостоятельно развивалась буквально у всех народов, но степень ее развития, естественно, находилась в прямой зависимости от уровня развития производительных сил и культуры народов.

Если кто-либо из читателей совершал увлекательное путешествие из Москвы в Ярославль по Ярославскому шоссе, то не мог не обратить внимания на сравнительно небольшое число поворотов на всем его протяжении. Шоссе почти прямолинейно, и его повороты связаны лишь с обходом оврагов, болотистых мест или слишком крутых холмов. А ведь Ярославское шоссе проложено в основном по старой проезжей дороге, исстари связывавшей Москву с Ярославлем.

Оба города — почти ровесники. Москва упоминается в летописях с 1147 г., хотя, судя по последним археологическим раскопкам в Московском Кремле, она как селение существовала уже во второй половине X в. Ярославль основан в 1010 г. К этому же времени относится и появление проезжего тракта между двумя городами. Каким же путем удалось в те времена проложить удивительно прямую наикратчайшую дорогу между двумя удаленными друг от друга городами? Да только таким же, каким была проложена не менее прямая дорога между Москвой и Владимиром — ориентировкой по звездам; других способов ориентировки в те времена не было.

Но как же можно ориентироваться по звездам, если их видно на небе великое множество? Казалось бы, легко запутаться в этом обилии звезд. Вот для этого и нужно было прежде всего сгруппировать яркие звезды (которых на небе не так уже много) в фигуры, хорошо запоминающиеся своими контурами. Такие звездные фигуры — сочетания звезд, или созвездия — были выделены, а позже к ним отнесли и более слабые звезды, расположенные в районе созвездий. Вполне естественно, что различные народы создавали своим воображением разные созвездия, а если случайно контуры созвездий и совпадали, то они

именовались по-разному. Источниками названий созвездий, как правило, служили мифы о богах, сказания о легендарных героях и связанных с ними событиях, различные животные и, наконец, орудия производства, используемые народами в повседневной жизни.

Так, известную группу из семи ярких звезд, напоминающую очертание ковша, древние греки назвали Большой Медведицей. Если к этой группе звезд присоединить слабые звезды, расположенные вблизи ковша, то при достаточной фантазии можно провести границы этого созвездия так, что они будут напоминать очертания какого-то большого зверя (рис. 1).

Греческий миф рассказывает о том, что нимфа Каллисто была превращена ревнивой супругой Зевса

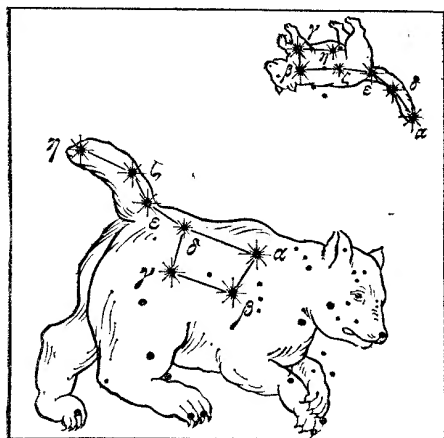


Рис. 1. Созвездия Большой и Малой Медведицы

Герой в медведицу, которую затравил на охоте собаками ее собственный сын Аркад (Волопас). Зевс дал Каллисто бессмертие, поместив ее на небе в виде созвездия Большой Медведицы. Рядом с Большой Медведицей расположены и ее преследователи — Волопас и Гончие Псы (рис. 2), но созвездие Гончих Псов появилось на небе лишь в XVII в., когда древнегреческий миф был дополнен спутниками охотника. В Древней Греции созвездие Большой Медведицы называлось также Колесницей, о чем упоминает Гомер в «Одиссее».

В Древней Руси это же созвездие имело разные названия — Воз, Колесница, Кастрюля, Ковш; народы, населявшие территорию Украины, называли его Телегой; в Заволжье оно звалось Большим Ковшом, а в Сибири — Лосем. И до сих пор в некоторых областях нашей страны сохранились эти названия.

По аналогии другую группу из семи, но более слабых звезд, расположенных вблизи Большой Медведицы и также напоминающую очертания ковша,



Рис. 2. Созвездия Большой Медведицы, Волопаса и Гончих Псов

древние греки называли созвездием Малой Медведицы. Эта же группа звезд была наименована сибиряками Малым Ковшом, а народы, населявшие побережье Ледовитого океана, видели в ней белого медведя с задранной вверх головой, на носу которого красовалась Полярная звезда, расположенная в самом конце ручки ковша (рис. 3).

Весьма оригинально название этих двух созвездий у народов, населявших территорию нынешней Казахской ССР. Наблюдая звездное небо, они, как и другие народы, обратили внимание на неподвижность Полярной звезды, которая в любое время суток неизменно занимает одно и то же положение над горизонтом. Вполне естественно, что эти народы, основным источником существования которых были табуны лошадей, называли Полярную звезду «железным гвоздем» («Темир-Казык»), вбитым в небо, а в остальных

звездах Малой Медведицы видели привязанный к этому «гвоздю» аркан, надетый на шею Коня (созвездие Большой Медведицы). В течение суток Конь обе-



Рис. 3. Созвездие Малой Медведицы в виде белого медведя

гал свой путь вокруг «гвоздя» (рис. 4). Таким образом, древние казахи объединяли созвездия Большой и Малой Медведицы в одно.

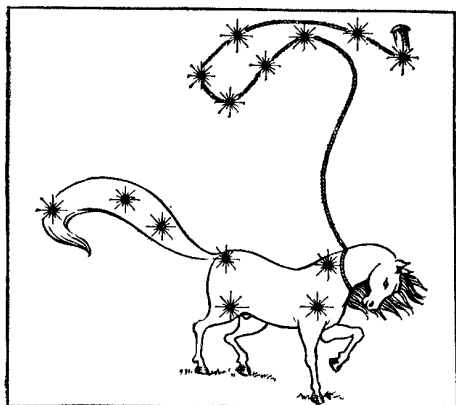


Рис. 4. Созвездия Большой и Малой Медведицы, объединенные в созвездие Коня

Если среднюю звезду хвоста Большой Медведицы мысленно соединить прямой линией с Полярной звездой и продлить эту линию дальше, то мы увидим созвездие Кассиопеи, очертание которого напоминает перевернутую и несколько растянутую букву «М»

(или латинскую «W»). Это созвездие древними греками было названо в честь мифической царицы Кассиопеи: в очертаниях этого созвездия они видели трон с сидящей на нем царицей (рис. 5). Белорусский народ видел в этом созвездии двух косцов, косящих траву (рис. 6).



Рис. 5 Созвездие Кассиопеи в представлении древних греков

Сравнительно яркие звезды, расположенные вблизи созвездия Кассиопеи, древние греки сгруппировали в четыре созвездия и назвали их созвездиями Цефея, Андромеды, Персея и Пегаса. Контур созвездия Цефея, примыкающего к Кассиопее с запада, напоминает кресло с высокой спинкой или трон. С восточной стороны с Кассиопеей граничит созвездие Персея, контур которого напоминает циркуль и в то же время имеет сходство с бегущим человеком. Под созвездием Кассиопеи, рядом с Персеем, расположены в виде вытянутой цепочки четыре яркие звезды созвездия Андромеды, из которых самая правая входит одновременно и в соседнее созвездие Пегаса; его яр-

кне звезды образуют фигуру, схожую с квадратом и поэтому часто называемую Квадратом Пегаса.

Все эти пять созвездий связаны общей увлекательной древнегреческой легендой. У эфиопского царя Цефея и его жены Кассиопеи была дочь, красавица Андромеда. Гордясь красотой своей дочери, Кассиопея объявила, что Андромеда прекраснее любой из nereид — красивых молодых жительниц морских глубин, многочисленных дочерей бога Эгейского моря



Рис. 6. Созвездие Кассиопеи в представлении белорусов

Нерея. Обиженные nereиды пожаловались главному богу морей Посейдону, а тот, разгневавшись, послал к берегам Эфиопии чудовище, пожиравшее людей. Местный эфиопский оракул (предсказатель) возвестил, что страна может избавиться от чудовища, если ему будет отдана на съедение Андромеда. Так и пришлось поступить. Андромеду приковали цепями к прибрежной скале; ее прикованные распростертые в обе стороны руки изображены цепочкой ярких звезд. А в то же время молодой герой Персей, выполняя повеление своего владыки Полидекта, царя острова Серифоса в Критском море, добрался до логова злобной женщины-чудовища — одноглазой Медузы, на голове которой вились змеи, а взгляд обращал все живое в камень. Персей застал Медузу спящей, но, на всякий случай, подошел к ней спиной, смотря на отражение Медузы в своем полированном щите. Когда

он отрубил Медузе голову, то из ее туловища родился крылатый конь Пегас, а Персей, взяв ее голову с собой, полетел на своих крылатых сандалиях обратно к острову Серифосу. По иной версии Персей мчался обратно на Пегасе. Но на пути домой Персей увидел прикованную к скале Андромеду и подбравшееся к ней чудовище. Персей направил на него голову Медузы, и под ее взглядом чудовище окаменело. Персей отпустил Пегаса, который упал в море. Освобожденная Андромеда вышла замуж за Персея и вместе с ним покинула Эфиопию. По одной из легенд уничтоженное Персеем чудовище называлось Китом, и, видимо, поэтому одно из созвездий, расположенное значительно ниже Андромеды и Пегаса, под созвездием Рыб, получило название Кита.

Зимними вечерами над южной стороной горизонта красуется самое эффектное созвездие неба — созвездие Ориона, бросающееся в глаза своими семью яркими звездами, из которых расположение четырех напоминает гигантскую букву Х, а три остальные, вытянутые в ряд, преречеркивают эту букву посредине. Справа от верхних ярких звезд, а также левее и выше них видны две дуги из слабых звезд, обращенные вогнутостью к ярким звездам. Древние греки называли это созвездие именем мифического великана, охотника Орiona (рис. 7), и представляли его прикрывающимся щитом из львиной шкуры (правая дуга слабых звезд) и замахивающимся палицей, т. е. дубиной (левая верхняя дуга слабых звезд), на бегущего к нему справа Быка (Тельца). Три средние яркие звезды изображали охотничий пояс, к которому привешен меч — ряд слабых звезд, расположенных книзу от пояса. Современная астрономия тоже часто пользуется этими терминами — пояс и меч Ориона.

В III в. до нашей эры греческие (александрийские) астрономы свели название созвездий в единую систему, которую впоследствии заимствовала европейская наука и сохранила ее до наших дней, в особенности названия созвездий северного полушария неба. В южном же полушарии, изучение которого европейцами началось, по существу, лишь в XVIII и XIX вв., созвездия получили более современные названия: Телескоп, Часы, Насос и другие.

В настоящее время под созвездиями подразумевают не выделяющиеся группы звезд, а участки звезд-

ного неба, так что все звезды (как яркие, так и слабые) причислены к созвездиям. Современные границы и названия созвездий утверждены в 1922 г. на I съезде Международного астрономического союза (МАС). Все небо разделено на 88 созвездий, из которых 31 находится в северном небесном полушарии, а 48 — в южном. Остальные 9 созвездий (Рыбы, Кит, Орион, Единорог, Секстант, Дева, Змея, Змееносец и



Рис. 7. Созвездия Ориона и Тельца в представлении древних греков

Орел) расположены в обоих небесных полушариях, по обе стороны от воображаемого на небе большого круга, называемого небесным экватором, что на латинском языке означает «уравнитель», так как он делит все небо на два равных полушария.

Как найти приближенное положение небесного экватора, мы покажем несколько ниже, а сейчас отметим, что на территории Советского Союза видны все созвездия северного полушария неба и некоторые созвездия южного полушария, в зависимости от географической широты места наблюдения: чем оно расположено южнее, тем больше созвездий южного полушария доступно наблюдениям. Так, в Ленинграде видна лишь часть звезд южного созвездия Скорпиона и то очень низко над горизонтом, а созвездие Центавра совсем не видно. В Армении же, Грузии и Узбекистане видны уже многие звезды созвездия Центавра и все созвездие Скорпиона.

Далеко не все созвездия могут быть сразу найдены на небе, так как многие из них состоят из слабых звезд, и только около 30 созвездий четко выделяются своими контурами и яркими звездами. К ним относятся созвездия Большой Медведицы, Пегаса, Кассиопеи, Возничего, Льва и другие. Площади, занимаемые созвездиями на небе, и число звезд в них далеко не одинаковы. Кстати, отметим, что расстояния между видимыми положениями звезд на небе измеряются в градусах, минутах и секундах дуги, а площади, занимаемые созвездиями на небе, — в квадратных градусах. Из ярких созвездий самым большим по площади является созвездие Большой Медведицы, занимающее площадь в 1280 квадратных градусов и насчитывающее, помимо семи ярких звезд ковша, еще 118 звезд, видимых невооруженным глазом. Самое же маленькое созвездие находится в южном полушарии неба и не видно на территории СССР — это красивое яркое созвездие Южного Креста, площадью в 68 квадратных градусов, состоящее из пяти ярких и 25 более слабых звезд. Самого маленького созвездия северного неба обычно не знают, так как оно состоит всего лишь из 10 видимых невооруженным глазом слабых звезд; оно называется созвездием Малого Коня, имеет площадь в 72 квадратных градуса и примыкает к юго-западной границе созвездия Пегаса.

Больше всего ярких звезд, а именно 12, содержит созвездие Скорпиона, но, пожалуй, самым красивым созвездием всего неба является уже упоминавшееся созвездие Ориона, насчитывающее 120 звезд, видимых невооруженным глазом, среди которых семь выделяются своим блеском.

В каждом созвездии основные звезды имеют те или иные обозначения. В древности наиболее ярким звездам каждого созвездия давались собственные имена, многие из которых, главным образом греческие и арабские, дошли до наших дней. Так, семь ярких звезд ковша Большой Медведицы получили названия: Дубхе, Мерак, Фекда, Мегрец, Алиот, Мицар и Бенетнаш. Самая яркая звезда созвездия Волопаса сначала именовалась Аркадом (царем Аркадии), по-гречески — Пастухом, а затем и до сих пор — Арктуром, т. е. Охотником за медведицей (от греческого «арктос» — медведица и «теревтес» — охотник). Яркая звезда в созвездии Персея, изменение блеска которой

было замечено арабами почти 1000 лет назад, получила имя Эль-Гуль (современное имя — Алголь), что означало «Демон», который, по убеждению древних арабов, отличался лицемерием и двуличием. Древние греки, очевидно, тоже знали о переменности блеска этой звезды и приписывали ей дурные воздействия. Недаром в их легендах эта звезда считалась единственным глазом злобной Медузы, способным превращать в камень живые существа. Капеллой или, в переводе с латинского, Козочкой названа наиболее яркая звезда созвездия Возничего, изображавшегося на старинных картах в виде мужчины-возницы (кучера) с кнутом, двумя козлятами в левой руке и с козой на плече.

По мере увеличения числа изучаемых звезд стало невозможно запоминать их имена, и с 1603 г. сравнительно яркие звезды в созвездиях стали обозначать буквами греческого алфавита, как правило, в порядке убывания блеска звезд, хотя из этого правила имеется много исключений. В виде примера сошлемся опять на Большую Медведицу, звезды которой обозначены буквами греческого алфавита не в порядке убывания блеска, а по контуру ковша (см. рис. 1). В результате оказалось, что самая яркая звезда созвездия, Алиот, обозначена не первой (α), а пятой буквой (ϵ) греческого алфавита (см. табл. 1 на с. 161).

В созвездии Близнецов звезда α (Кастор) слабее звезды β (Поллукс), в созвездии Ориона звезда Бетельгейзе (α) слабее звезды Ригеля (β), в созвездии Пегаса наиболее яркая звезда обозначена буквой ϵ , а звезда α (Маркаб) — лишь третья по блеску. В созвездии Дракона самой яркой является звезда Этмин (γ), за ней по блеску следует звезда η , а звезда α (Тубан) занимает восьмое место. В созвездии же Стрельца буквой α обозначена лишь шестнадцатая по блеску звезда, а наиболее ярким звездам присвоены обозначения ϵ (Каус Аустралис), σ (Нунки), ζ и δ .

Значительно позже для обозначений звезд ввели цифровую нумерацию по созвездиям, ныне, как правило, применяемую лишь для слабых звезд, которые в ряде созвездий обозначаются также буквами латинского алфавита. Обозначения звезд проставляются на современных картах звездного неба и в специальных списках звезд, именуемых звездными каталогами. К настоящему времени астрономы зарегистрировали

В звездных каталогах все звезды, видимые невооруженным глазом, а также многие звезды, доступные наблюдениям лишь в телескопы. Перепись звезд показывает, что невооруженному глазу доступны наблюдения на всем небе около пяти с половиной тысяч звезд, причем на территории СССР видно только около трех тысяч. Остальное множество звезд из-за их слабого блеска невооруженному глазу недоступно.

Постепенная детализация в изучении звезд привела к необходимости ввести количественную оценку их «видимой яркости» или, как теперь принято более правильно называть, их блеска. Что звезды имеют различный блеск, видно уже при первом, даже беглом обзоре звездного неба: одни из них очень яркие и сразу привлекают внимание наблюдателя, другие менее яркие, и не так бросаются в глаза, третьи настолько слабы, что не видны невооруженным глазом и для их наблюдения требуются оптические инструменты. Чтобы точно определять блеск звезд, необходимо ввести определенную числовую шкалу. Можно было бы измерять количество света, которое доходит от звезды до наблюдателя (до Земли), в обычных единицах световой энергии, применяемых в физике. Однако подобная система оценки блеска звезд была бы практически неудобной по двум причинам:

во-первых, количество света, доходящее от звезд до нас, так ничтожно мало, что измерение его общепринятыми физическими единицами было бы подобно измерению размеров деталей механизма наручных часов километрами;

во-вторых, принятая в этом случае градация блеска звезд была бы так велика, что шкала блеска оказалась бы необычайно громоздкой и невозможно было бы запомнить значений блеска даже самых ярких звезд.

Поэтому блеск звезд выражается не в абсолютных физических (или светотехнических) единицах, а в особой условной шкале, введенной еще во II в. до нашей эры древнегреческим астрономом Гиппархом (180—110 г. до н. э.), когда не было и в помине физических единиц измерений световой энергии. Эта шкала называется шкалой звездных величин. Само название шкалы, может быть, и не совсем удачно, поскольку шкала не оценивает линейных размеров звезд, а только позволяет сравнивать друг с другом

блеск звезд. В наше время шкала звездных величин значительно усовершенствована и для определения блеска звезд используется точная оптическая аппаратура.

Если начинающий любитель астрономии спросит, как можно оценивать блеск звезд в условной шкале, пусть он вспомнит измерение температуры. Ведь температура есть определенная физическая характеристика, а измеряется она в условной шкале, называемой градусной шкалой.

Шкала звездных величин основана на восприятии света глазом. Оказывается, человеческий глаз четко отмсчает различие интенсивности источников света, если один из них приблизительно в 2,5 раза ярче другого. Это свойство глаза стало известно науке лишь в конце XVIII в. и является частным случаем более общего психофизиологического закона, сформулированного в XIX в. Э. Вебером (1795—1878) и Г. Фехнером (1801—1887). Этот закон гласит: Изменение какого-либо ощущения прямо пропорционально относительному изменению раздражающего фактора, или, иначе, если сила раздражения увеличивается в геометрической прогрессии, то восприятие (ощущение) возрастает в арифметической прогрессии. Наши органы чувств, в том числе и глаза, реагируют не на абсолютное, а на относительное изменение внешнего раздражителя, и если, образно говоря, к двум светящимся электролампам одинаковой мощности подключить еще две такие же, то мы уверенно зафиксируем увеличение освещенности; но если эти две лампы добавят свой свет к излучению десяти аналогичных ламп, то наши глаза почти или даже вовсе не заметят различия в освещении.

Известно, что законы природы действуют объективно, т. е. независимо от сознания человека, и становятся вполне понятным, почему Гиппарх, не имея представления о законе Вебера—Фехнера, невольно использовал его при введении шкалы звездных величин. Наиболее ярким звездам Гиппарх приписал первую звездную величину; следующие по градации блеска (т. е. более слабые, примерно в 2,5 раза) он посчитал звездами второй звездной величины; звезды, слабее звезд второй звездной величины в 2,5 раза, были названы звездами третьей звездной величины и т. д.; звездам на пределе видимости невооруженным

глазом была приписана шестая звездная величина. При такой градации блеска звезд получалось, что звезды шестой звездной величины слабее звезд первой звездной величины в 97,66 раза. Поэтому в 1856 г. английский астроном Н. Р. Погсон (1829—1891) предложил считать звездами шестой величины те, которые слабее звезд первой звездной величины ровно в 100 раз. Это предложение было принято всеми астрономами и до сих пор является основой для определения блеска звезд. В любом интервале шкалы разность в пять звездных величин означает различие блеска звезд ровно в 100 раз. Тогда соотношение блеска звезд двух смежных целых звездных величин получается равным не 2,5, а 2,512, что несколько не влияет на точность определения звездных величин.

Из принципа построения шкалы звездных величин видно, что чем слабее звезда, тем больше ее видимая звездная величина. Это позволяет выражать в звездных величинах блеск слабых звезд, не видимых невооруженным глазом, но открываемых в телескопы, не нарушая стройности самой шкалы: по мере открытия более слабых звезд шкала продолжается в сторону увеличения звездных величин (10-я, 11-я, 12-я и т. д.). В настоящее время известны звезды 24-й звездной величины, которые слабее звезд первой величины примерно в миллиард раз.

Определение блеска звезд в звездных величинах, выполненное точными способами измерения с применением специальных приборов — фотометров, показало, что блеск звезд не может быть точно выражен целыми значениями звездных величин (1, 2, 3 и т. д.), ибо блеск звезд весьма разнообразен. Поэтому шкала подразделяется на десятые, сотые и даже тысячные доли (в зависимости от требуемой степени точности) звездных величин. Отсюда блеск большинства звезд выражается дробными значениями звездных величин, всегда обозначаемыми латинской буквой *m*, например, 2,12^m; 3,56^m; 5,78^m и т. д.

В качестве примера укажем блеск в звездных величинах семи основных звезд Большой Медведицы (см. рис. 1):

Звезда	Блеск	Звезда	Блеск
α Дубхе	1,95 ^m	ε Алнот	1,86 ^m
β Мерак	2,44 ^m	ζ Мицар	2,17 ^m
γ Фекда	2,54 ^m	η Бенетнаш	1,91 ^m
δ Мегрец	3,44 ^m		

Точные измерения блеска ярких звезд показали, что некоторые из них ярче звезд первой звездной величины; такие звезды считают звездами нулевой звездной величины; например, α Лирь (Вега) имеет блеск $0,14^m$; α Волопаса (Арктур) $0,24^m$; α Возничего (Капелла) $0,21^m$ и т. д. Наконец, две звезды — Канопус (α Киль) и Сириус (α Большого Пса) ярче звезд нулевой звездной величины и им приписана отрицательная звездная величина — $0,89^m$ и — $1,58^m$ соответственно.

В звездных величинах можно выразить блеск Солнца ($-26,8^m$), Луны ($-12,7^m$ в полнолуние) и планет.

Читателям, знакомым с математическими понятиями степени и логарифмов чисел, будет понятно, что шкала звездных величин представляет собой геометрическую прогрессию со знаменателем, равным 2,512, и тогда отношение блеска E_1/E_2 двух объектов, со звездными величинами m_1 и m_2 , будет

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1},$$

так как более яркие объекты имеют меньшую звездную величину, и наоборот.

Обычно эту формулу, называемую формулой Погсона, используют в логарифмическом виде, и так как $\lg 2,512 = 0,4$, то

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4 (m_2 - m_1).$$

В качестве примера использования этой формулы вычислим отношение освещенности участка земной поверхности от Солнца и полной Луны, находящихся на одинаковой высоте над горизонтом. Так как видимая звездная величина Солнца $m_1 = -26,8^m$, а полной Луны $m_2 = -12,7^m$, то

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4 \cdot (-12,7 + 26,8) = 0,4 \cdot 14,1 = 5,64,$$

откуда $\frac{E_1}{E_2} = 4,37 \cdot 10^5 \approx 4,4 \cdot 10^5$, т. е. Солнце освещает местность примерно в 440 тысяч раз сильнее, чем полная Луна.

Аналогично легко найти, что Луна в полнолуние ($m_1 = -12,7^m$) ярче Луны в фазе первой четверти

($m_2 = -9,0^m$) в 30 раз:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4 \cdot (-9,0 + 12,7) = 0,4 \cdot 3,7 = 1,48,$$

или

$$\frac{F_1}{F_2} = 30.$$

Эта же формула позволяет определять звездные величины m светящихся объектов путем сравнения их блеска E с блеском E_1 светила с известной звездной величиной m_1 , причем отношение E/E_1 измеряется с большой точностью фотометрами. Звездные величины, определяемые глазом, хотя бы и с помощью оптических инструментов, называются визуальными звездными величинами. Именно о них и шла речь выше.

В практику астрономии ныне широко внедрилась фотография, которая позволяет фотографировать звезды гораздо более слабые, нежели наблюдаемые глазом в самые сильные телескопы. Так, самый мощный телескоп сейчас позволяет фотографировать звезды до 25^m , т. е. звезды в 10 млрд раз более слабые, чем звезды нулевой звездной величины.

Но фотографические пластинки несколько иначе реагируют на свет, нежели глаз. Есть фотопластинки, на которые красный свет совсем не действует, желтый свет действует весьма слабо, зато необычайно сильно действует синий, фиолетовый и ультрафиолетовый свет. Поэтому звезды красноватого цвета, например, Антарес (α Скорпиона) или Бетельгейзе (α Ориона), яркие для глаза, на такой фотопластинке выйдут более слабыми, в то время как голубоватые звезды получатся более яркими. Это и заставило астрономов ввести еще одну шкалу звездных величин, основанную на воздействии света на фотопластинку и названную шкалой фотографических звездных величин. Она строится совершенно так же, как и визуальная шкала звездных величин, но блеск звезд, выраженный в ней, отличается от визуального блеска в зависимости от цвета звезды, что позволяет по разности фотографической и визуальной звездных величин звезды численно выражать ее цвет. Эта разность называется показателем цвета и является одной из важных характеристик звезды, поскольку связана с ее температурой.

У желтых и красных звезд показатель цвета положителен и достигает $+2,1$ звездной величины, у белых звезд он близок к нулю, а у голубоватых — отрицателен, но не бывает менее $-0,5^m$.

Чтобы исключить индивидуальные физиологические особенности глаз различных наблюдателей и иметь возможность определять показатели цвета слабых звезд, широко применяется еще одна шкала оценки блеска звезд, называемая шкалой фотовизуальных звездных величин.

Для этой цели звезды фотографируются на специальных фотопластинках, хорошо реагирующих на желтый и зеленый свет (как и человеческий глаз), причем перед фотопластинкой ставится чистое желтое стекло (желтый светофильтр). Опыт показывает, что определенные таким способом звездные величины звезд, называемые в этом случае фотовизуальными, настолько близки к визуальным звездным величинам, что практически совпадают с ними, и в настоящее время показатели цвета определяются разностью фотографических и фотовизуальных звездных величин:

$$c = m_{\text{ф}} - m_{\text{фв}}.$$

В астрономии имеется еще ряд шкал звездных величин, которые применяются в зависимости от целей исследования. Так, за последние 30 лет широко внедрились фотоэлектрические методы изучения блеска звезд с помощью фотоэлементов, которые под действием света генерируют электрический ток (фототок) — явление, открытое еще в 1888—1890 гг. русским физиком А. Г. Столетовым (1839—1896). Современные чувствительные фотоэлементы дают слабый электрический ток под воздействием ничтожно малого освещения, но специальные устройства усиливают ток до значений, доступных измерению с большой точностью.

Изследование излучения звезд сквозь фильтры разного цвета позволяет получить ряд важных физических характеристик звезд.

В дальнейшем ради сокращения мы будем визуальную или фотовизуальную звездную величину называть просто «звездной величиной», а всякую иную звездную величину будем каждый раз оговаривать.

Теперь, когда мы познакомились с измерением блеска звезд, любопытно отметить, что очень ярких звезд нулевой и первой звездной величины не так уж

и много, всего лишь 24 на всем небе, зато слабых — мириады! Это объясняется тем, что блеск звезд зависит не только от их действительной светимости, но и от расстояний: чем дальше от нас находятся звезды, тем слабее они выглядят. Цвет же звезд зависит от их поверхностной температуры.

Всего в северном полушарии неба насчитывается около 2900 звезд, видимых невооруженным глазом, т. е. до 6^m.

Но так как в северном полушарии Земли видны не только звезды северного небесного полушария, но и многие звезды южной небесной полусферы, то из 24 наиболее ярких звезд на территории СССР доступно наблюдениям 15, перечисленных в приводимой здесь таблице. Поскольку сейчас во многих справочных изданиях по астрономии блеск звезд указывается в фотоэлектрических звездных величинах, то и в данной таблице, помимо визуальной звездной величины звезд, приведена их фотоэлектрическая звездная величина, несколько отличающаяся от визуальной.

Название	Обозначение в созвездии	Визуальная звездная величина	Фотоэлектри- ческая звезд- ная величина	Показатель цвета	Цвет	Температура, К
Сириус	α Бол. Пса	-1,58	-1,46	0,00	белый	11 000
Вега	α Лиры	+0,14	+0,03	0,00	белый	11 000
Капелла	α Возничего	0,21	+0,08	+0,80	желт.	5200
Арктур	α Волопаса	0,24	-0,04	+1,23	оранж.	4100
Ригель	β Орiona	0,34	+0,12	-0,03	белый	11 500
Процион	α Мал. Пса	0,48	0,38	+0,42	желт.	6900
Альтаир	α Орла	0,89	0,77	+0,22	белый	8400
Бетельгейзе	α Орiona	0,92	0,85	+1,85	красн.	3100
Альдебаран	α Тельца	1,06	0,75	+1,51	оранж.	3500
Поллукс	β Близнецов	1,21	1,14	+1,00	оранж.	4600
Антарес	α Скорпиона	1,22	1,35	+1,83	красн.	3100
Спика	α Девы	1,25	0,98	-0,23	голуб.-бел.	16 200
Фомальгаут	α Южной Рыбы	1,29	1,16	+0,09	белый	9800
Денеб	α Лебедя	1,33	1,25	+0,09	белый	9800
Регул	α Льва	+1,34	+1,35	-0,11	белый	13 100

2. Звездные карты и путеводитель по небу

Уже упоминалось о том, что звездное небо разделено на 88 созвездий и что для его изучения создаются звездные карты. Изучение звездного неба и

отдельных его объектов преследуют самые различные цели, такие, как определение точных положений звезд, их блеска, показателей цвета, спектров и т. д. Не менее важной задачей является и детальное изучение самих созвездий. Без этих знаний невозможно проводить качественных наблюдений метеоров, комет, искусственных спутников Земли, а такие наблюдения сейчас являются крайне необходимыми.

Хорошее знание звездного неба зачастую приводит к интересным открытиям не только астрономов-профессионалов, но и любителей астрономии. Достаточно вспомнить, что новую звезду, вспыхнувшую в 1901 г. в созвездии Персея, открыли киевские гимназисты А. А. Борисяк и А. А. Барановский; вспышку новой звезды в созвездии Лебедя в 1920 г. обнаружил любитель астрономии Б. В. Окунев; новая звезда 1934 г. в созвездии Геркулеса была открыта англичанином Прентисом, а новая звезда 1936 г. в созвездии Ящерицы — молодым советским любителем астрономии С. С. Норманом; предсказанная советскими астрономами проф. П. П. Паренаго и проф. Б. В. Кукаркиным на 1946 год повторная вспышка звезды в созвездии Северной Короны также была обнаружена советским любителем астрономии путевым обходчиком А. С. Каменчуком.

Можно привести много примеров открытий советскими и зарубежными любителями астрономии переменных звезд, комет, радиантов метеорных потоков и т. д. А для этого нужно хорошо изучить звездное небо, что невозможно без звездных карт.

В зависимости от целей наблюдений создаются и используются различные виды звездных карт. Для начальных наблюдений вполне приемлемы мелкомасштабные карты, на которых изображены только основные созвездия, включающие в себя яркие звезды. При переходе к более сложным наблюдениям придется использовать более подробные карты, на которых изображены все звезды, доступные наблюдениям невооруженному глазу. Для специальных наблюдений составляются дегальные крупномасштабные и даже фотографические карты с изображением таких слабых звезд, какие видны только в телескопы.

Звезды изображаются на картах кружками различных диаметров в зависимости от их блеска, выражаемого, как мы уже знаем, в звездных величинах.

Чем ярче звезда, т. е. чем меньше ее звездная величина, тем бóльшим кружком она изображается. Двойные и переменные звезды, звездные скопления и туманности отмечаются особыми знаками, объяснения которым даются на полях карты.

Чтобы изображение созвездий на карте не отличалось от их вида на небе, требуется точное нанесение изображений звезд на карту. Этому способствует само звездное небо, представляющееся нам огромной сферой, одна половина которой расположена над горизонтом и видна, а другая скрыта земной поверхностью. Хотя в действительности небесной сферы не существует и нас окружает беспредельное пространство, тем не менее впечатление о ней создается потому, что небесные светила удалены от Земли на колоссальные расстояния, невольно кажущиеся нам одинаковыми. Даже земные предметы, расположенные от нас на расстояниях свыше двух километров, кажутся одинаково удаленными, если только не имеются особых ориентиров, показывающих различия в их удалении, а при значительных дистанциях не помогают и ориентиры. Расстояния же до небесных светил настолько велики, что трудно усваиваются нашим воображением.

Чтобы попытаться их себе представить, сравним расстояния до Солнца и до ближайшей звезды с диаметром нашей Земли, близким к 12 750 км. Так вот, Земля удалена от Солнца почти на 150 млн км или на 11 740 своих диаметров. Шарообразное Солнце, состоящее из раскаленных газов, с температурой его видимой поверхности 6000 К, представляется нам светящимся диском с угловым диаметром $32' \approx 0,5^\circ$. По этим видимым размерам и расстоянию до него легко подсчитать, что реальный, линейный диаметр Солнца в 109 раз превышает диаметр Земли. Самая же близкая к нам яркая звезда Толиман, или α Центавра (в СССР она не видна), имеет сходные с Солнцем линейные размеры, а удалена от нас в 275 000 раз дальше него. Грандиозность этих расстояний может быть наглядно представлена на модели, в которой Земля изображена дробинкой диаметром 1 мм, а Солнце и Толиман — крокетными шарами по 11 см в поперечнике. Такую дробинку следует разместить примерно в 12 м от одного крокетного шара и в 3200 км — от другого, т. е. почти на расстоянии Моск-

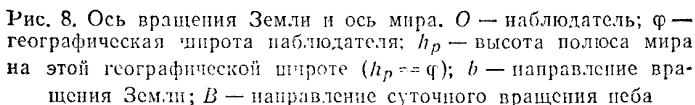
вы от Красноярска. Немудрено, что при таких огромных расстояниях все внеземные светила представляются нам находящимися на внутренней поверхности воображаемой небесной сферы неопределенного, но колоссального радиуса, а себя мы невольно мыслим в ее центре.

Для определения видимых положений небесных светил и изображения их на звездных картах с требуемой точностью на небесной сфере мысленно наносится сетка кругов, аналогичная сетке географических меридианов и параллелей, представляемых на земной поверхности. Обе такие сетки получили название координатных сеток, но первая называется сеткой небесных экваториальных координат, а вторая — сеткой географических координат. Слово же «координаты» означает числа, с помощью которых определяется положение точек (или предметов) на поверхности или в пространстве.

Так как Земля вращается вокруг своей оси с запада на восток, то все небо кажется нам вращающимся с востока к западу, чем и объясняется восход и заход небесных светил. Вполне очевидно, что видимое суточное вращение неба совершается вокруг земной оси, но из-за ничтожных размеров Земли в сравнении с расстояниями до звезд мы его воспринимаем происходящим вокруг диаметра небесной сферы, параллельного оси вращения Земли и называемого осью мира (рис. 8 и 10). Это станет понятным, если снова обратиться к рассмотренной выше модели: направления из разных точек крошечки на центр даже ближайшего крокетного шара практически параллельны между собой. Поэтому мы вправе считать, что одна и та же точка небесной сферы (например, одна и та же звезда) видна из разных точек земной поверхности по параллельным направлениям, и отождествлять ось мира с осью вращения Земли, а центр небесной сферы — часто даже с центром Земли.

Поскольку сама земная ось не вращается, то и две точки пересечения оси мира с небом тоже не участвуют в его суточном вращении и поэтому называются полюсами мира. В современную нам эпоху ось Земли чисто случайно направлена в сторону звезды α Малой Медведицы, и именно поэтому северный полюс мира расположен на небе примерно в 1° от нее, а сама она называется Полярной звездой. Южный

В неподвижности полюсов мира легко убедиться при наблюдениях суточного вращения неба: все созвездия непрерывно перемещаются против направления вращения часовой стрелки, если смотреть на северную сторону неба, а Полярная звезда практически



Хорошее представление о неподвижности полюсов мира можно получить при фотографировании звездного неба стационарной фотокамерой. Для этого фо-

токамера направляется на Полярную звезду и небо фотографируется примерно в течение получаса. После проявления фотопластики или фотопленки на ней можно увидеть концентрические дуги, оставленные светом звезд. Все эти дуги имеют общий неподвижный центр кривизны — северный полюс мира (рис. 9).



Рис. 9. Фотография полярной области неба

Ни в коем случае нельзя путать полюсы мира с зенитом — точкой неба, находящейся прямо над головой наблюдателя и математически определяемой пересечением отвесной линии с небесной сферой (рис. 8 и 10). Зенит тоже неподвижен относительно наблюдателя, но в суточном вращении через него проходят различные точки неба, в том числе и некоторые звезды.

На расстоянии в 90° от обоих полюсов мира астрономы мысленно проводят на небе большой круг, называемый небесным экватором, а параллельно ему — небесные параллели, т. е. точно так же, как прово-

дятся земной экватор и географические параллели. Небесный экватор делит небо на северное и южное полушария и всегда пересекается с горизонтом в точках востока и запада. Он проходит вблизи звезд γ и ζ Девы, η и θ Орла, α и ζ Водолея, несколько выше о Кита (звезда Мира) и практически через звезду δ Ориона (верхняя звезда в поясе Ориона).

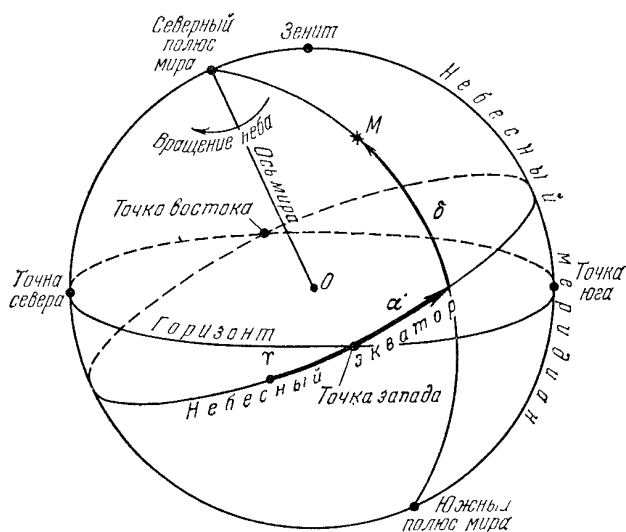


Рис. 10. Небесные экваториальные координаты. О — наблюдатель; Υ — точка весеннего равноденствия; α — прямое восхождение и δ — склонение светила М

Через полюсы мира проводятся большие круги, аналогичные земным меридианам, но называются они уже по-иному — кругами склонения. Круг склонения, проходящий через ту точку небесного экватора*), в которой Солнце ежегодно около 21 марта пересекает небесный экватор, называется начальным и от него по небесному экватору отсчитывается одна из небесных координат — прямое восхождение α (см. рис. 10). Оно отсчитывается всегда в одну сторону — с запада к востоку и измеряется в градусной мере от 0 до 360°.

*) Эта точка называется точкой весеннего равноденствия и обозначается знаком Υ .

а чаще всего в единицах времени (часах, минутах, секундах) от 0^h до 24^h из расчета, что $360^\circ = 24^h$ или $1^h = 15^\circ$.

Другая координата, называемая склонением δ , отсчитывается от небесного экватора вдоль кругов склонения и всегда измеряется в градусной мере; в северном полушарии неба она считается положительной, а в южном — отрицательной. Очевидно, склонение измеряется в пределах от 0° (небесный экватор) до $\pm 90^\circ$ (полюсы мира).

Сетка небесных экваториальных координат вращается вместе с небесной сферой, и поэтому расположение звезд относительно нее на протяжении длительного времени остается неизменным, т. е. каждая звезда имеет строго определенные небесные координаты — прямое восхождение и склонение, по которым она заносится в звездные каталоги и наносится на звездные карты. Границы созвездий проводятся по кругам сетки экваториальных координат.

Попутно отметим, что большой круг на небе, проходящий через полюс мира и зенит, не участвует в суточном вращении неба. Он называется небесным меридианом и пересекается с горизонтом в точках юга и севера (см. рис. 10).

Экваториальные координаты звезд служат не только для построения звездных карт — их применение значительно обширнее: по ним определяются географические координаты мест земной поверхности, строятся географические карты, проводится ориентировка на суше, в море, в воздухе и в космосе, проверяется время и т. д., т. е. они имеют обширную область практических применений.

Изображение сетки экваториальных координат на карте представляет далеко не простую задачу, поскольку координатная сетка расположена на сферической поверхности, а карта плоская. Единственным способом изображения сетки является ее проектирование на плоскость карты, и здесь выбираются такие виды проекций, при которых не было бы заметного искажения действительного вида созвездий. Для этого приходится проектировать на карту не все небо целиком, а отдельные его участки, т. е. создавать несколько звездных карт и объединять их в звездные атласы. В наше время наилучшим для общего изучения звездного неба является малый звездный атлас

академика А. А. Михайлова *). Этот атлас необходимо иметь всем, кто хочет сравнительно полно изучить звездное небо и проводить астрономические наблюдения.

Однако для изучения неба требуются и такие звездные карты, на которых изображено, например, все северное небесное полушарие и примыкающий к нему пояс южного полушария. В этом случае северный полюс мира находится в центре карты и вокруг него проводятся концентрические окружности, изображающие небесный экватор и небесные параллели, а круги склонения изображаются лучами, выходящими из полюса. Тогда все созвездия северного небесного полушария располагаются на карте внутри окружности — небесного экватора, и их вид почти не отличается от действительного. Но вид созвездий южного небесного полушария, расположенных на карте за пределами небесного экватора, претерпевает значительные искажения из-за того, что небесные параллели этого полушария изображены окружностями, превышающими по своим размерам небесный экватор, в то время как в действительности их радиусы меньше радиуса небесного экватора. Это обстоятельство следует иметь в виду при использовании подвижной карты звездного неба, приложенной к данной книге.

Теперь, когда мы познакомились с принципами построения звездных карт, перейдем к изучению созвездий. Вид звездного неба меняется по сезонам года, чем пользовались древние народы для предсказания их наступления. Причиной такого изменения является движение Земли, которая на протяжении года совершает один оборот вокруг Солнца (обращение Земли). Собственно говоря, год как единица времени и представляет собой тот промежуток времени, за который Земля совершает свой путь вокруг Солнца. Из-за этого движения нам кажется, что Солнце медленно передвигается на фоне звезд, смещаясь каждые сутки к востоку примерно на 1° , и за год совершает по небу один оборот (360°). Это видимое годовое движение Солнца происходит не по небесному экватору, а по большому кругу, называемому

*) Михайлов А. А. Звездный атлас: Четыре карты звездного неба до 50° южного склонения. — 5-е изд. — М.; Л.: Наука, 1978.

эклиптикой (от греческого «эклипсис» — затмение), которая в двух диаметрально противоположных точках пересекается с небесным экватором под углом в $23^{\circ}26'$ потому, что под таким же углом земной экватор наклонен к плоскости земной орбиты — пространственного пути Земли вокруг Солнца. В результате этого наклона склонение Солнца на протяжении года непрерывно изменяется. Два раза в год, в дни весеннего (обычно 21 марта) и осеннего (обычно 23 сентября) равноденствий Солнце пересекает небесный экватор (склонение $\delta = 0^{\circ}$), и в эти даты продолжительность дня равна продолжительности ночи. Между днями равноденствий, с 21 марта до 23 сентября. Солнце перемещается по эклиптике в северном полушарии неба, а с 23 сентября до 21 марта — в южном небесном полушарии. В день летнего солнцестояния (21 июня) Солнце удаляется от небесного экватора к северу на $23^{\circ}26'$ (склонение Солнца $\delta = +23^{\circ}26'$), а в день зимнего солнцестояния — на столько же к югу (склонение Солнца $\delta = -23^{\circ}26'$). В эти даты различие в продолжительности дня и ночи наибольшее и зависит от географической широты мест земной поверхности.

Перемещаясь по эклиптике, Солнце за год проходит по двенадцати созвездиям, одиннадцать из которых имеют названия живых существ (реальных или мифических), и поэтому все двенадцать созвездий названы зодиакальными от греческого «зодиакос» — зверь или «зоон» — животное. Эти созвездия называются так: Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей (рис. 11).

Хотя число зодиакальных созвездий принято считать равным числу месяцев в году, следует иметь в виду, что между созвездиями Скорпиона и Стрельца Солнце перемещается по значительному участку созвездия Змееносца, но исторически получилось так, что это созвездие оказалось исключенным из пояса зодиакальных.

Весною Солнце последовательно проходит по созвездиям Рыб, Овна и Тельца. В этот период эти и прилежащие к ним с севера и юга созвездия по ночам не видны, так как находятся вместе с Солнцем под горизонтом. Зато противоположные созвездия Девы, Весов и Скорпиона видны всю ночь; соседние с ними зодиакальные созвездия Близнецов, Рака и

Льва видны с вечера до середины ночи, а созвездия Стрельца, Козерога и Водолея — во второй половине ночи.

В летние месяцы Солнце перемещается по созвездиям Близнецов, Рака и Льва и уже эти созвездия не видны по ночам, созвездия Девы, Весов и Скорпиона видны по вечерам до середины ночи, созвездия

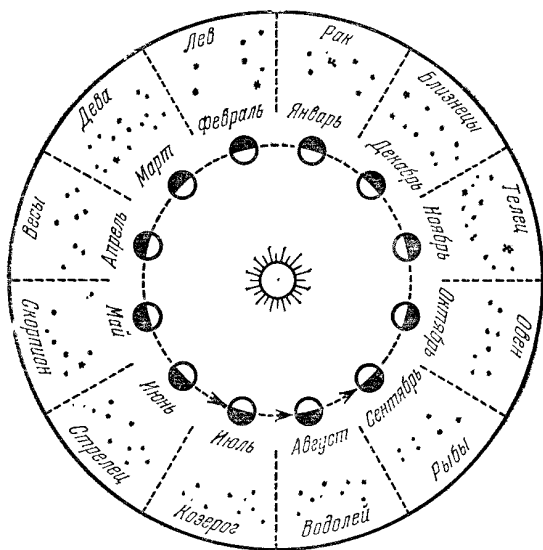


Рис. 11. Обращение Земли (в направлении стрелок) и видимое годовое движение Солнца

Стрельца, Козерога и Водолея — всю ночь, а созвездия Рыб, Овна и Тельца — под утро. В таких же условиях видимости находятся созвездия, прилегающие с севера и с юга к перечисленным зодиакальным. Но следует иметь в виду, что в северных географических широтах из-за коротких летних ночей условия видимости созвездий резко ухудшаются.

Наступает осень, и Солнце перемещается по созвездиям Девы, Весов и Скорпиона. Теперь уже эти созвездия ночью не видны, вечером можно видеть созвездия Стрельца, Козерога и Водолея, всю ночь видны Рыбы, Овен и Телец, а во второй половине ночи восходят над горизонтом Близнецы, Рак и Лев.

Зимой Солнце проходит по созвездиям Стрельца, Козерога и Водолея, которые по ночам уже не видны. Зато всю ночь сияют на небе созвездия Близнецов и Льва, а между ними видны слабые звезды Рака. И так как зимой ночи очень длинные, то всю ночь видны также созвездия Овна, Тельца и Девы, вечером — созвездие Рыб, а во второй половине ночи над восточной стороной горизонта появляются созвездия Весов и Скорпиона. Так из года в год повторяются сезонные изменения вида звездного неба.

Между прочим, чтобы запомнить названия зодиакальных созвездий, которые лучше всего видны вблизи полуночи в различные месяцы года (приблизительно, конечно), студент Московского государственного педагогического института имени В. И. Ленина Ю. И. Валишин написал в 1961 г. следующее стихотворение:

ЗОДИАК

Взглянув на пояс Зодиака,
мы в январе увидим *Рака*,
а в феврале заметим *Льва*.
Хранителем его была
в холодном марте злая *Дева*,
соседка Льва по небу слева.
Весы кушнв себе в апреле,
они спокойно жить хотели,
но в мае страшный *Скорпион*
у них отнял покой и сон.
Его убил *Стрелец* прекрасный,
отца июня сын несчастный,
в июле ж братец *Козерог*
сон Льва и Девы уберег,
а в августе на много дней
приехал дядя *Водолей*.
Из *Рыб* уху он в сентябре
варил и кушал на дворе,
зажарил *Овна* в октябре,
Тельца зарезал в ноябре.
А в декабре, в конце концов,
родилась пара *Близнецов*.

Если сравнить содержание этого шуточного стихотворения с видимостью зодиакальных созвездий вблизи полуночи в разные месяцы года (см. рис. 11), то следует отдать должное наблюдательности Ю. И. Валишина.

На территории Советского Союза многие яркие созвездия оказываются незаходящими, т. е. круглые сутки находятся над горизонтом, но их расположение

над горизонтом в одни и те же часы суток периодически изменяется по временам года.

Легче всего начать изучение звездного неба с незаходящего созвездия Большой Медведицы, ковш которого хорошо известен каждому чуть ли не с раннего детства. Весной по вечерам Большая Медведица расположена высоко, вблизи зенита, над головой наблюдателя.

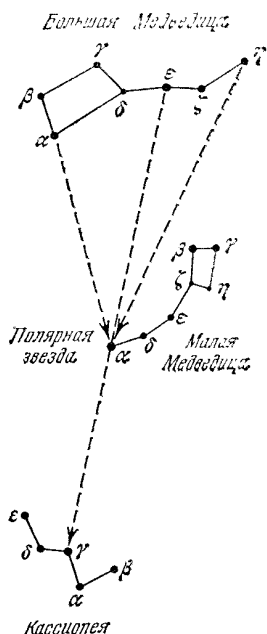


Рис. 12. Ориентировка по созвездию Большой Медведицы

Ручка ковша (хвост Большой Медведицы) направлена к востоку. Проведя мысленно линию через две крайние звезды (β и α) Большой Медведицы и продлив эту линию дальше в направлении от зенита, мы найдем Полярную звезду (2,1^m). Соединив же линией крайнюю звезду η ручки ковша с Полярной звездой, мы, примерно посередине этой линии, справа, увидим две сравнительно яркие звезды, принадлежащие созвездию Малой Медведицы: более яркая — β (2^m), менее яркая — γ (3^m). Теперь между этими звездами и Полярной звездой нетрудно увидеть и остальные слабые звезды Малой Медведицы, общий вид которой тоже имеет очертания ковша. Это созвездие тоже не заходит на территории СССР (рис. 12).

Если же провести линию от первой звезды ручки ковша Большой Медведицы (звезда ε) через Полярную звезду, то внизу, вблизи северной части горизонта, мы увидим еще одно незаходящее созвездие, образованное яркими звездами второй звездной величины, — созвездие Кассиопеи.

Левее, восточнее Кассиопеи расположено созвездие Персея (рис. 13), по виду напоминающее циркуль. В правой его пошке находится известная переменная звезда Алголь (β) — та самая звезда, которая в древнегреческой мифологии считалась единственным глазом чудовища Медузы.

Еще левее и выше Персея, переливаясь разноцветными лучами, сияет красивая желтая звезда нулевой величины Капелла — самая яркая звезда α созвездия Возничего. Вытянутый неправильный пятиугольник из ярких звезд образует основную фигуру этого созвездия, а нижняя яркая звезда второй величины, которую так и хочется причислить к созвездию Возничего и образовать вместе с нею шестиугольник, к нему не принадлежит: это звезда β Тельца — созвездия, заходящего весной по вечерам. Еще можно разглядеть

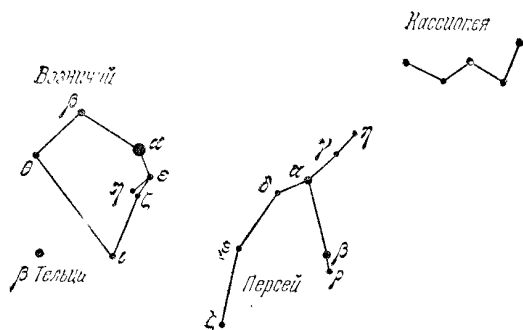


Рис. 13. Созвездия Кассиопея, Персея и Возничего

его главную звезду Альдебаран, переливающуюся красным цветом у самого горизонта, но лучше всего оставить знакомство с Тельцом до осени.

Вернемся к созвездию Большой Медведицы и проведем линию через его звезды α и β к югу. Тут, высоко над южной частью горизонта, мы увидим созвездие Льва, имеющее вид трапеции из ярких звезд (рис. 14). Самая яркая звезда α этого созвездия названа Регулум, от латинского слова «регулус — царь», а Лев, как известно, считается царем зверей; вторая по блеску звезда β именуется Денеболой, что в переводе с арабского означает «львиный хвост».

Более слабые звезды над Регулум и звездой γ образуют гриву Льва.

Над западной частью горизонта между созвездиями Возничего и Льва четко выделяется слегка искаженный прямоугольник созвездия Близнецов, названного так в честь древнегреческих мифологических героев, братьев-близнецов Полидевка (Поллукса) и Кастора. Две самые яркие звезды этого созвездия

так и называются: менее яркая ($1,6^m$) α — Кáстор, и более яркая ($1,2^m$) β — Поллукс. А под этим созвездием хорошо выделяется яркая желтая звезда Прoцион ($0,5^m$) — звезда α созвездия Малого Пса.

Как уже заметил читатель, при описании вида звездного неба мы пользуемся контурами созвездий, которые вряд ли когда-либо потеряют свое значение, так как помогают быстро запоминать расположение

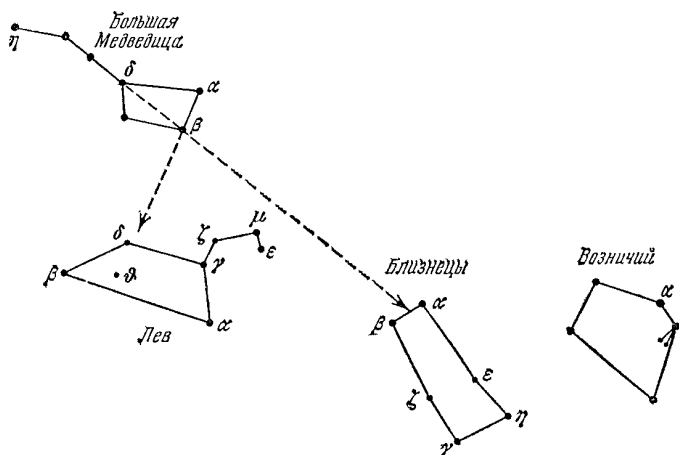


Рис. 14. Ориентировка по созвездию Большой Медведицы

сравнительно ярких звезд и их названия. Очертания же самих контуров весьма произвольны, и не исключено, что со временем они будут заменены более оригинальными. Так, американец Г. Рей в своей книге «Звезды» (М.: Мир, 1969) многие созвездия изображает новыми контурами, пожалуй, точнее отражающими названия созвездий. В виде примеров на рис. 15 изображены новые контуры созвездий Персея и Льва, а на рис. 16 — созвездий Близнецов и Возничего. Сравните их с контурами тех же созвездий, изображенными на рис. 13 и 14, и вы увидите, что новые контуры не лишены остроумия. Но у них есть один существенный недостаток: чтобы их увидеть, нужно в них включать не только яркие, но и более слабые звезды, как, например, в созвездиях Персея и Близнецов, что для первоначального изучения созвездий

часто служит значительным препятствием. Интересующихся новыми контурами созвездий мы отсылаем к книге Г. Рея, а пока будем пользоваться общепринятыми контурами и продолжим наше повествование о виде весеннего звездного неба.

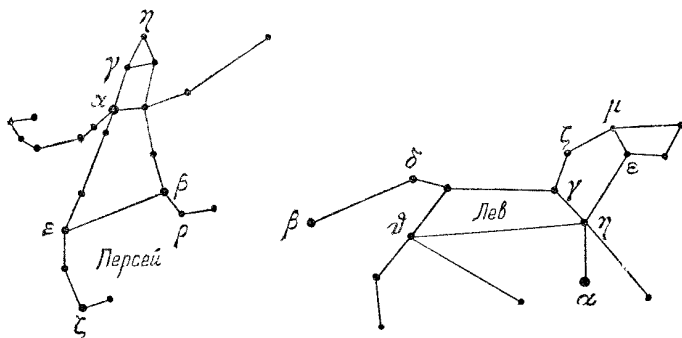


Рис. 15. Контур созвездий Персея и Льва по Г. Рею

Левее (восточнее) и несколько ниже созвездия Льва одиноко сияет красивая голубоватая яркая звезда первой величины Спика (Колос) — звезда α

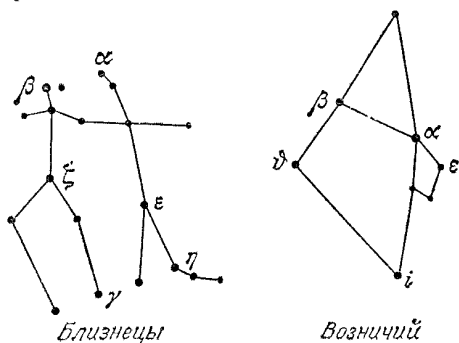


Рис. 16. Контур созвездий Близнецов и Возничего по Г. Рею

созвездия Девы. Остальные звезды этого созвездия значительно слабее — третьей и четвертой звездной величины.

Высоко над Спикой в юго-восточной области неба переливается разными красками красноватый Арктур — звезда α (нулевой звездной величины) созвездия Волонаса. Его легко найти, отходя от Большой

Медведицы в направлении двух последних звезд ручки ее ковша. Созвездие Волопаса удивительно напоминает раскрытый парашют, на стропах которого висит «парашютист» — звезда Арктур. А рядом с Волопасом расположена Северная Корона — дуга из слабых звезд третьей и четвертой звездной величины, среди которых выделяется своим жемчужным цветом звезда второй звездной величины, прозванная Жемчужиной); это звезда α созвездия Северной Короны.

Наконец, на северо-востоке видна Вега (по-арабски — Коршун) — яркая звезда нулевой звездной величины, звезда α созвездия Лиры, имеющего вид

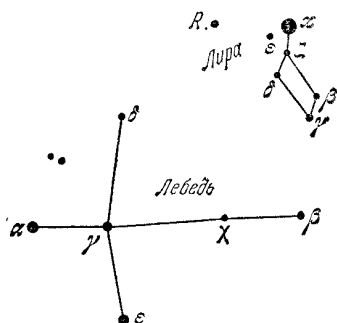


Рис. 17. Созвездия Лиры и Лебеда

параллелограмма, образованного слабыми звездами (рис. 17). Под созвездием Лиры низко над горизонтом расположено созвездие Лебеда в виде креста. Самая яркая звезда ($1,3^m$) этого созвездия обозначается буквой α и имеет имя Денеб (по-арабски — хвост), а противоположная ей звезда ($3,2^m$) называется Альби-

рео (по-арабски — глаз) и находится в голове птицы, крылья которой изображают звезды δ и ϵ . Альбирио — одна из красивейших двойных звезд, о чем будет сказано ниже. Стоит еще указать на созвездие Цфея, состоящее из сравнительно слабых звезд и расположенное между созвездиями Кассиопеи, Лебеда и Малой Медведицы. Вид его напоминает ромб.

Вот, пожалуй, и все основные созвездия весеннего неба.

Наступает лето, и вид звездного неба значительно меняется. С наступлением темноты не видны уже Близнецы и Малый Пес (они зашли под горизонт), заходит на северо-западе созвездие Льва, а на западе — созвездие Девы. Большая Медведица уже не в области зенита, а расположена к западу от нее, и ручка ковша созвездия направлена к югу. Вблизи зенита расположена трапеция — голова созвездия Дракона. Недалеко от Большой Медведицы на юго-

западе хорошо виден Волопас, а высоко над южной стороной горизонта сияет Вега в созвездии Лиры и рядом с ней — созвездие Лебедя. Но вот под ними, к юго-востоку, видна еще одна яркая звезда первой величины, образующая с Вегой и Денебом большой вытянутый треугольник, называемый летним (рис. 18). Это Альтаир, звезда α созвездия Орла, а рядом с ним, немного восточнее, красное ромбовидное созвездие Дельфина из слабых звезд.

Летнее небо не блещет яркими звездами; большинство летних созвездий состоит из слабых звезд. К ним относятся созвездия Геркулеса и Змееносца. Первое расположено между Лирой и Северной Короной, а второе — под Геркулесом.

Еще ниже, вблизи юго-западной части горизонта, видно созвездие Скорпиона с яркой красноватой звездой первой звездной величины Антаресом (по-гречески — противником Ареса, бога войны в греческой мифологии). Левее Скорпиона, над южным горизонтом четко выделяется созвездие Стрельца, состоящее в основном из звезд второй и третьей величины, сходных по блеску со звездами Большой Медведицы. Над юго-восточной частью горизонта — слабые звезды созвездий Козерога и Водолея.

Зато на востоке хорошо выделяется большой, близкий по форме к квадрату четырехугольник из звезд второй звездной величины. Его часто так и называют квадратом Пегаса. Но здесь нужно быть крайне осторожным. Созвездие Пегаса принадлежат лишь три звезды этого квадрата, а верхняя левая звезда — это α Андромеды, соседнего созвездия, расположенного западнее уже знакомого нам Персея. Звезды же созвездия Пегаса разбросаны от трех

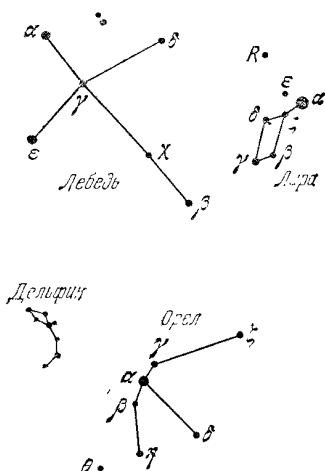


Рис. 18. Окрестности созвездия Орла

упомянутых выше звезд квадрата Пегаса (α , β и γ), далеко вправо (рис. 19).

Вернувшись к звезде α Андромеды, мы легко сможем найти и остальные две яркие звезды этого созвездия — они располагаются в направлении к созвездия Персея почти через равные расстояния. Над

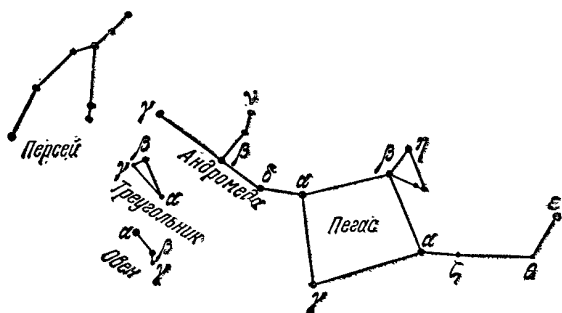


Рис. 19. Окрестности созвездия Пегаса

звездой β Андромеды находится знаменитая туманность Андромеды, а под звездой γ Андромеды — небольшое созвездие Треугольника, и еще ниже созвездие Овна.

Над северной частью горизонта (в северных широтах — на фоне ночной зари) ярко блесит Капелла и видно еще несколько звезд созвездия Возничего.

Незаметно прошло лето, наступила осень, но небо еще чистое, прозрачное и не мешает знакомству с созвездиями. Поздним вечером Большая Медведица видна уже низко над северной частью горизонта и хвост ее повернут к западу, а Кассиопея, наоборот, перешла в область зенита. Пегас переместился к югу, Лира, Лебедь и Орел — к западу. По ним легко найти все знакомые нам созвездия, кроме, конечно тех, которые зашли под горизонт. Ниже Пегаса, под его квадратом, видно растянутое к востоку созвездие Рыб, состоящее из слабых звезд, а юго-западнее Пегаса — также слабое созвездие Водолея.

На юго-востоке под созвездием Андромеды расположено созвездие Треугольника, ниже него — три сравнительно яркие звезды созвездия Овна, под ними — слабые звезды созвездия Рыб, а еще ниже, вблизи горизонта, относительно яркие звезды растянутого созвездия Кита.

Но вот на востоке, под созвездиями Персея и Возничего появилось еще одно незнакомое созвездие, бросающееся в глаза двумя группами неярких звезд: одна группа имеет вид маленького блестящего ковшика, другая — вид треугольника, в котором одна звезда первой величины горит переливчатым красным цветом (рис. 20).

Первая группа звезд — это красное звездное скопление Плеяды, известное также со времен древней Руси под названием Стожар, что означает «множество огней» (сто — много; жар — огонь).

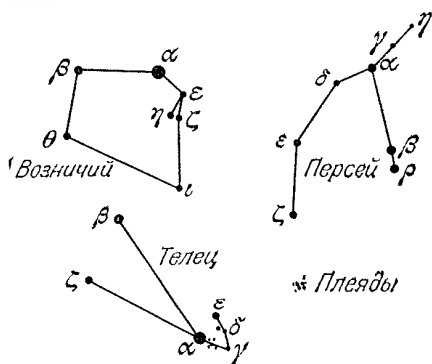


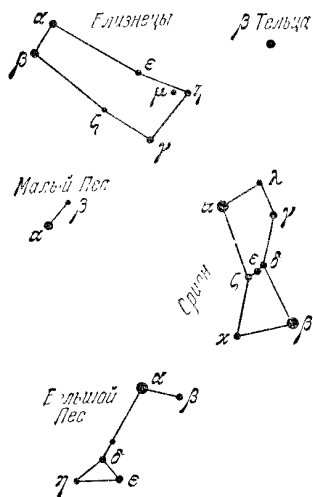
Рис. 20. Окрестности созвездия Тельца

Вторая группа слабых звезд, разбросанных в виде треугольника, тоже является звездным скоплением и называется Гиадами. Оба звездных скопления входят в созвездие Тельца, звезда α которого, Альдебаран, лишь проецируется на фон Гиад, но к ним не принадлежит.

Над северо-восточной частью горизонта снова появилось созвездие Близнецов, а на востоке уже поднимаются из-за горизонта яркие звезды созвездия Ориона. Но лучше всего Орион виден зимой.

Итак, наступил последний сезон года — зима. И снова изменился вид звездного неба. Теперь на нем много ярких звезд. Поздним вечером высоко над южной частью горизонта сверкает созвездие Возничего, ниже него и несколько к западу — созвездие Тельца, а к востоку — созвездие Близнецов, под которым виден желтый Процион из созвездия Малого Пса. Там же, на южной стороне неба, под Возничим, сияет

краса неба — созвездие Ориона (рис. 21). Левая верхняя звезда (α) этого созвездия, красноватого цвета, называется Бетельгейзе, а нижняя правая (β), голубоватого цвета, Ригелем. Обе эти звезды значительно ярче звезд пояса Ориона — их блеск оценивается нулевой звездной величиной.



В этом созвездии находится знаменитая Большая туманность Ориона.

Самая же яркая звезда всего неба расположена ниже и левее (восточнее) Ориона. Это — Сирис*), белого цвета, — 1,6 звездной величины, звезда α созвездия Большого Пса. Контур этого созвездия очень напоминает туристскую палатку с флажтком на ней.

Наше первое знакомство с созвездиями закончено. Теперь возникает законный вопрос: а нельзя ли быстро определить вид звездного неба в любой час любого дня года? Оказывается, вполне возможно, но для

Рис. 21. Окрестности созвездия Ориона

этого необходимо научиться пользоваться подвижной картой звездного неба, приложенной к этой книжке.

На звездной карте изображены яркие созвездия, доступные наблюдениям в Советском Союзе, и сетка небесных экваториальных координат. В центре карты расположен северный полюс мира и рядом с ним — Полярная звезда (α Малой Медведицы). Концентрические окружности представляют собой небесные параллели. Градусная цифровка около них отмечает их склонение, т. е. угловое расстояние от небесного экватора, который обозначен символом 0° . Внутри небесного экватора расположена северная небесная полусфера, и две ее небесные параллели оцифрованы числами $+30^\circ$ и $+60^\circ$. Вне небесного экватора находится область южной небесной полусферы, и на

*) У древних римлян она называлась Каникулой, т. е. песьей звездой, от латинского «канис» — пес.

ней показаны небесные параллели со склонением -30° и -45° . Радиусами, отходящими от северного полюса мира, изображены круги склонения, цифровка которых в часах (ч) проставлена около точек их пересечения с небесной параллелью -30° .

Следует обратить особое внимание на последовательность цифровки кругов склонения: она возрастает в направлении вращения часовой стрелки, а не навстречу, как этого требует счет прямого восхождения (см. с. 28). Это объясняется тем, что, глядя на карту, наблюдатель смотрит на северную полярную область неба, а не на южную его сторону.

С небесным экватором пересекается в двух точках эксцентрический овал, изображающий эклиптику, т. е. большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовое движение Солнца по зодиакальным созвездиям. Одна из этих точек, обозначенная знаком ♈, называется точкой весеннего равноденствия, и от нее по небесному экватору ведется счет прямого восхождения. Диаметрально противоположная ей точка — это точка осеннего равноденствия. Точка летнего солнцестояния лежит в северной полусфере неба на пересечении эклиптики с 6-часовым кругом склонения, а точка зимнего солнцестояния — в южной небесной полусфере, на пересечении эклиптики с 18-часовым кругом склонения. Направление видимого годового движения Солнца следует показывать на эклиптике в сторону увеличения прямого восхождения.

На обрезе карты имеется лимб дат с названиями месяцев года и календарными днями в их пределах. К карте приложен накладной круг, по краю которого нанесен часовой лимб, изображающий часы суток. Интервал в один час разделен на шесть частей, по 10 минут каждая, что позволяет оценивать моменты времени с точностью до 5 минут. На накладном круге нанесено несколько овалов, рядом с которыми проставлены числа градусов, обозначающих географическую широту места наблюдений звездного неба.

Карту и круг нужно наклеить на плотную бумагу или тонкий картон, и в круге аккуратно вырезать отверстие по тому овалу, который обозначен числом градусов, наиболее близким к географической широте города или села, где эта карта будет использоваться. Между точками на круге, обозначенными

словами «точка юга» и «точка севера», следует натянуть нить, которая будет изображать небесный меридиан. Круг должен накладываться на карту так, чтобы его оцифрованный лимб всегда располагался коцентрично с лимбом дат карты, а натянутая нить проходила через центр карты, изображающей север-

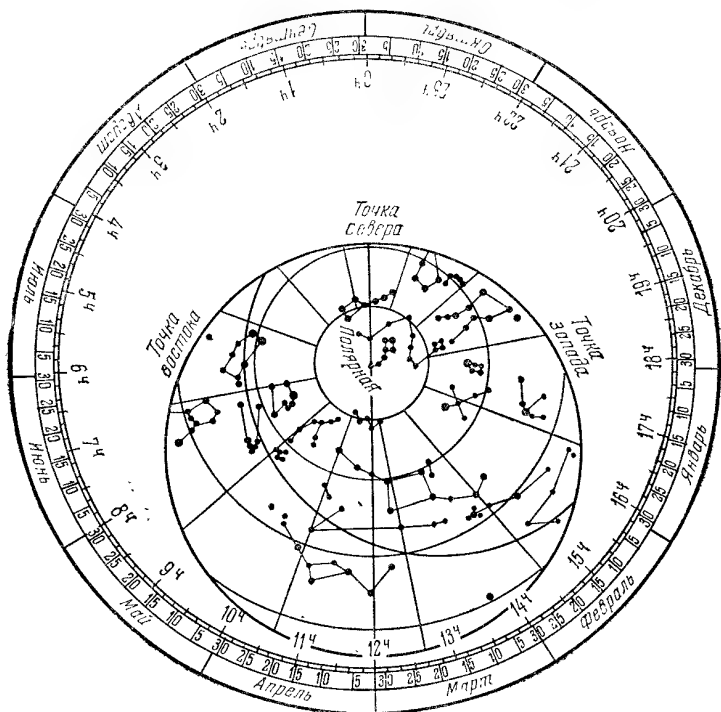


Рис. 22. Подвижная карта звездного неба

ный полюс мира. Если наложить круг на карту и, повернув его, совместить заданный час с заданной датой, то в отверстии круга будут расположены те созвездия, которые в этот момент находятся над горизонтом, т. е. доступны наблюдениям (рис. 22). Закрытые кругом созвездия не видны, так как находятся под горизонтом, изображенным на круге красной выреза.

На карте область зенита расположена примерно в центре выреза, но отнюдь не в центре карты. Если

говорить точнее, то зенит расположен вблизи центра выреза, в точке пересечения нити, изображающей небесный меридиан, с небесной параллелью, склонение которой равно географической широте места наблюдения. Проведя от зенита направления на основные точки горизонта, обозначенные словами «точка юга», «точка запада», «точка севера», «точка востока», можно указать расположение созвездий на небесном своде в заданный момент времени.

Карта позволяет ответить на вопросы о приближенных моментах восхода, захода и верхней кульминации (т. е. наивысшего расположения над горизонтом) звезд в разные дни года.

Для этого достаточно повернуть круг на карте так, чтобы интересующая нас звезда оказалась соответственно на восточной (восход) или западной (заход) стороне горизонта, или на нити (изображающей небесный меридиан) между северным полюсом мира и точкой юга (верхняя кульминация). При такой установке карты деление часового лимба, стоящее около заданной даты, покажет момент времени интересующего явления (и наоборот, можно узнать дату для определенного момента времени суток).

Следует иметь в виду, что восход светил происходит совсем не обязательно вблизи точки востока, а, в зависимости от их склонения, на всей восточной половине горизонта, заключенной между точками севера и юга: чем больше положительное склонение светила, тем ближе к точке севера оно восходит, а при отрицательном склонении точка восхода светил смещается в сторону точки юга. Аналогичная картина имеет место и при заходе светил, которые, в зависимости от их склонения, заходят в разных точках западной половины горизонта, лежащей между точками юга и севера. И только светила, расположенные на небе вблизи небесного экватора, соответственно восходят и заходят вблизи точек востока и запада.

Для наглядности вспомним о восходе и заходе Солнца в различные месяцы года. В марте и сентябре, вблизи дней равноденствий, когда Солнце находится недалеко от небесного экватора (т. е. склонение Солнца близко к 0°), оно восходит и заходит недалеко от точек востока и запада. В летнее время года Солнце находится в северном полушарии неба

далеко от небесного экватора (склонение Солнца положительно) и поэтому оно восходит на северо-востоке, а заходит на северо-западе. Зимой же Солнце восходит на юго-востоке, а заходит на юго-западе, так как в этот сезон года оно находится в южном полушарии неба, далеко от небесного экватора, и его склонение отрицательно.

Поэтому, определяя по подвижной карте звездного неба моменты восхода или захода светил, ни в коем случае нельзя пытаться подгонять положение интересующего светила к точкам востока и запада. Наоборот, при правильной установке накладного круга карты (см. с. 43) можно найти на горизонте положение точек восхода и захода светила.

Самое низкое положение светил над горизонтом называется нижней кульминацией, в момент которой светило проходит небесный меридиан между северным полюсом мира и точкой севера или под ней. Нижняя кульминация звезд наступает после их верхней кульминации через 12 часов, точнее, через $11^{\text{ч}}58^{\text{м}}$. Поэтому момент нижней кульминации любой звезды легко определить по моменту ее верхней кульминации.

По мере приобретения навыков работы с картой можно решать задачи на условия видимости, восход и заход планет, Луны и Солнца, для чего нужно нанести положения этих светил на карту.

Чтобы найти положение Солнца на эклиптике в заданный день года, достаточно приложить линейку к северному полюсу мира и к штриху, обозначающему этот день на лимбе дат карты. Точка пересечения линейки с эклиптикой покажет положение Солнца, так как оно зависит от дней года, а если говорить точнее, то, наоборот, календарные даты зависят от положения Солнца на эклиптике.

Положения Луны и планет наносятся на карту по их экваториальным координатам в заданный день года, заимствованным из астрономических календарей. Впрочем, вполне достаточно использовать только одну координату, прямое восхождение α , поскольку Луна и планеты перемещаются тоже по зодиакальным созвездиям вблизи эклиптики. Поэтому при небольшой точности карты склонением этих светил можно пренебречь и считать их находящимися на эклиптике. Но теперь уже нельзя использовать лимб

дат, как при определении положения Солнца, так как движение Луны и планет не связано с определенными календарными днями года. Следовательно, вместо лимба дат нужно воспользоваться координатной сеткой карты и найти на эклиптике точки, прямое восхождение которых равно прямому восхождению этих светил в заданный день года.

Определив по подвижной карте моменты восхода, захода и кульминаций найденных точек эклиптики, мы тем самым решим ту же задачу для Солнца, Луны и планет.

3. Принципы ориентировки по звездам

Теперь, когда мы знакомы с экваториальными координатами звезд, можно рассказать о некоторых принципах их использования в практической жизни, казалось бы, весьма далекой от небесных светил. В действительности же это совсем не так, и чтобы понять связь земных забот со звездами, необходимо ознакомиться с еще одним видом небесных координат, называемых горизонтальными. Понятия зенита, основных точек горизонта (точек юга, запада, севера и востока) и небесного меридиана нам уже известны (см. с. 26—29), и теперь достаточно провести через зенит большие круги-вертикалы, перпендикулярные к горизонту, а параллельно ему — малые круги, чтобы получить сетку горизонтальных координат (рис. 23).

Видимое положение светила M определяется двумя горизонтальными координатами: высотой h — угловым расстоянием от горизонта, отсчитываемым вдоль вертикала светила, и азимутом A — дугой горизонта, отсчитываемой от точки юга до вертикала светила. Обе координаты измеряются в градусах, минутах и секундах дуги. У светила, находящегося над горизонтом, высота положительна ($h > 0^\circ$) и может иметь значения от $h = 0^\circ$ (светило на горизонте) до $h = +90^\circ$ (светило в зените). У светил, находящихся под горизонтом (невидимых), высота отрицательна ($h < 0^\circ$) и может доходить до $h = -90^\circ$, когда светило проходит надир — точку неба, диаметрально противоположную зениту. Азимут отсчитывается от точки юга в сторону суточного вращения неба по часовой стрелке в пределах от 0° до

360°, так что азимут точки запада равен 90°, точки севера 180° и точки востока 270°.

Сетка горизонтальных координат жестко связана с местом наблюдения и не участвует в суточном вращении неба. Поэтому на протяжении суток горизонтальные координаты светил непрерывно изменяются

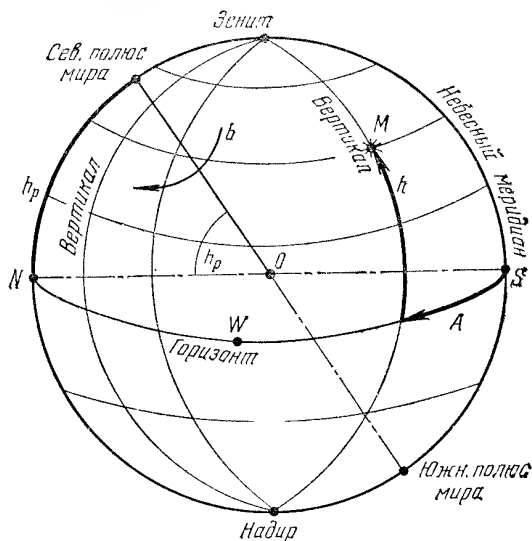


Рис. 23. Небесные горизонтальные координаты: h — высота и A — азимут светила M ; O — наблюдатель. Высота полюса мира $h_p = \varphi$; S — точка юга; W — точка запада, N — точка севера; b — направление суточного вращения неба

и, вычислив их заранее для определенного момента времени, можно сразу сказать будет ли светило видно ($h > 0^\circ$), на какой именно высоте и в каком направлении, или же оно окажется под горизонтом ($h < 0^\circ$).

Северный полюс мира лежит на небесном меридиане и его азимут $A = 180^\circ$, но его высота над горизонтом различных мест земной поверхности неодинакова. Найдём высоту полюса мира, обозначаемую h_p (рис. 23). Для этого обратимся к рис. 8, из которого видно, что $h_p = \varphi$, т. е. высота полюса мира всегда равна географической широте места наблюдения. Это важное следствие шарообразности

Земли позволяет заранее определять вид звездного неба и условия видности светил в различных местах земной поверхности, географическую широту этих мест и склонение светил. Приведем несколько примеров.

Представим себе звезду M (рис. 24) в верхней кульминации, пересекающую небесный меридиан над

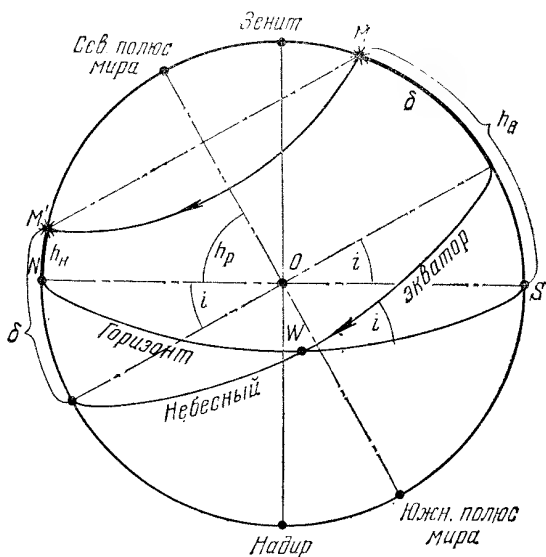


Рис. 24. Верхняя (M) и нижняя (M') кульминации светила; h_v — высота светила в верхней кульминации; h_n — высота светила в нижней кульминации; δ — склонение светила; наклонение небесного экватора к горизонту $i = 90^\circ - \varphi$; O — наблюдатель; S — точка юга; W — точка запада; N — точка севера

точкой юга. Так как высота полюса мира $h_p = \varphi$, а он отстоит от небесного экватора на 90° , то небесный экватор наклонен к горизонту на угол $i = 90^\circ - \varphi$, и тогда высота звезды

$$h_v = (90^\circ - \varphi) + \delta, \quad (1)$$

где δ — склонение звезды (отсчитывается от небесного экватора).

Когда через 12 часов та же звезда будет находиться в нижней кульминации и пересекать небесный меридиан над точкой севера (рис. 24, точка M' —

незаходящая звезда), то ее высота

$$h_n = \delta - (90^\circ - \varphi). \quad (2)$$

В долгие зимние ночи имеется возможность последовательно измерять высоту одних и тех же звезд в обеих кульминациях и, решая совместно равенства (1) и (2), независимо находить их склонение

$$\delta = \frac{h_n + h_n}{2}$$

и географическую широту места наблюдения

$$\varphi = 90^\circ - \frac{h_n - h_n}{2}.$$

Такими способами сотрудники астрономических обсерваторий определяют склонения многих незаходящих звезд и географическую широту своих обсерваторий. А коль скоро географическая широта найдена, то можно использовать только формулу (1) и находить склонения звезд, нижняя кульминация которых происходит под горизонтом.

Знание точного времени позволяет определять прямые восхождения звезд, и затем значения обеих экваториальных координат α и δ публикуются в списках — звездных каталогах. Теперь эти сведения начинают служить производственной жизни.

При прокладке трасс водных каналов, железных и шоссейных дорог, при составлении географических и топографических карт, строительстве сел и городов, разведке залежей полезных ископаемых и их разработке и т. д. всегда требуется знать географические координаты местности. Именно эту задачу и решают астрономогеодезические экспедиции, имея в своем распоряжении легкий переносной измерительный инструмент, точные часы — хронометр, радиоприемник для проверки часов и список нескольких десятков звезд с известными экваториальными координатами. Измеряя высоту звезды в верхней кульминации, они, зная ее склонение, вычисляют по формуле (1) географическую широту, а по моменту прохождения звездой небесного меридиана и ее прямому восхождению находят географическую долготу местности. Неастрономических способов определения географических координат пока не имеется.

Таким образом, мы видим, что для определения экваториальных координат светил и географических координат мест земной поверхности совершенно не нужно знать положений небесного экватора на небе и географического экватора на Земле. Астрономия позволяет несуществующие сетки координат превратить в реальность и использовать их в практической жизни.

По склонению светил можно сразу сказать, являются ли они незаходящими в данной местности или вообще не бывают видны над ее горизонтом. Если при самом низком положении над горизонтом, в нижней кульминации, светило все же видно, то его высота $h > 0$ и, согласно формуле (2), склонение незаходящего светила

$$\delta \geq + (90^\circ - \varphi). \quad (3)$$

У Солнца, например, склонение в летнее время не может быть больше $\delta = +23^\circ 26'$, и поэтому оно бывает незаходящим, начиная с географической широты $\varphi = 90^\circ - 23^\circ 26' = 66^\circ 34'$ (северный полярный круг) вплоть до северного полюса ($\varphi = 90^\circ$). Вследствие симметрии небесной сферы, у невосходящих светил

$$\delta < - (90^\circ - \varphi), \quad (4)$$

что обычно выражается правилом: круг невосходящих светил равен кругу незаходящих светил (рис. 25). Поэтому Солнце в зимнее время в тех же пределах географической широты бывает незаходящим светил.

Если же склонение δ светила равняется географической широте φ местности ($\delta = \varphi$), то в момент верхней кульминации, согласно формуле (1), его высота $h = +90^\circ$, т. е. оно проходит в самом зените. Солнце, например, в полдень разных дней года проходит в зените только тех мест Земли, географическая широта которых φ находится в пределах изменения склонения Солнца, т. е. от $\varphi = +23^\circ 26'$ (северный тропик) до $\varphi = -23^\circ 26'$ (южный тропик).

Все сказанное выше справедливо для любых небесных светил, и читатель сам может в этом убедиться, заимствуя экваториальные координаты светил из Школьного астрономического календаря или из Астрономического календаря-ежегодника Всесоюзного астрономогеодезического общества.

Ориентирование по звездам применяется и при запуске автоматических межпланетных станций (АМС) к небесным телам. Как бы ни был точно осуществлен запуск АМС с Земли, однако из-за огромных расстояний до небесных тел невозможно добиться ее идеального полета по вычисленной траектории, АМС неизбежно будет постепенно от нее отходить. Система

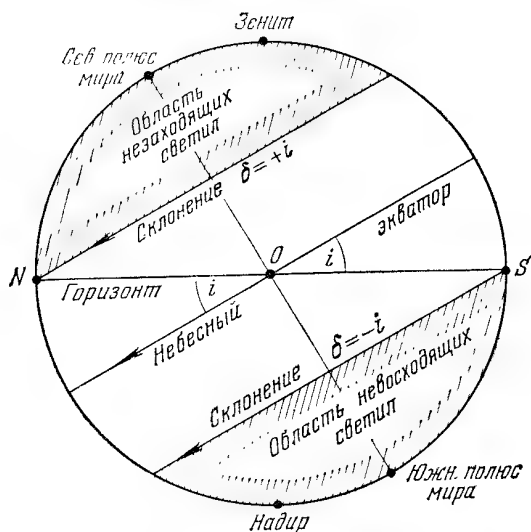


Рис. 25. Незаходящие светила ($\delta \geq +i$) и невосходящие светила ($\delta < -i$); $i = 90^\circ - \varphi$

ориентации, установленная на АМС, передает на бортовую электронно-вычислительную машину (ЭВМ) информацию о величине угла отклонения действительной траектории полета по отношению к положению на небе двух-трех заранее выбранных ярких звезд. По команде ЭВМ включаются корректирующие двигатели, возвращающие АМС на вычисленную траекторию полета. Американские космонавты, совершившие в 1969—1972 гг. на межпланетных кораблях «Аполлон» полеты на Луну, ориентировали свои корабли тоже по звездам. Следовательно, и в этих случаях необходимо знать точные положения звезд, определяемые их экваториальными координатами.

4. Млечный Путь

При изучении звездного неба в безлунные ночи бросается в глаза широкая светящаяся полоса, проходящая по некоторым созвездиям, — Млечный Путь, который не виден в крупных городах ввиду сильного ночного городского освещения.

Свое название Млечный Путь получил от древнегреческих мифов. Согласно одному из них, рассерженный Зевс отнял от груди своей супруги Геры кормящегося младенца, и молоко из груди Геры вылилось на небо. Другой миф повествует о том, что бог-скариод Гермес приложил к груди Геры голодного младенца — Геркулеса, рожденного смертной женщиной от Зевса. Оскорбленная этим Гера сама оттолкнула младенца, и ее молоко хлынуло на небо. Действительно, белесая полоса Млечного Пути напоминает пролитое молоко или туман. Но достаточно посмотреть на Млечный Путь в обычный призмный бинокль, как на фоне белесой полосы совершенно четко проступают слабые звезды, а в телескоп, даже с небольшим увеличением в 30—40 раз, видно, что Млечный Путь состоит из колоссального множества очень слабых звезд (рис. 26). Суммарный блеск этих звезд и создает для невооруженного глаза впечатление светлой полосы Млечного Пути.

Итак, Млечный Путь состоит из миллиардов звезд и тянется полосой по обоим полушариям неба, замыкаясь в звездное кольцо, наклоненное к небесному экватору под углом около 63° . В северном полушарии неба он проходит по ярким созвездиям Орiona, Ближнецов, Тельца, Возничего, Персея, Кассиопеи, Лебеда и Орла, переходит в южное небесное полушарие и далее идет по созвездиям Щита, Змееносца, Стрельца и Скорпиона. В недоступной для наблюдений в СССР части южного небесного полушария Млечный Путь тянется по созвездиям Жертвенника, Наугольника, Циркуля, Центавра, Южного Креста, Мухи, Килы и Парусов. В южных районах Советского Союза северная часть созвездия Парусов уже видна над южной частью горизонта, и отсюда Млечный Путь идет по созвездиям Кормы, Большого Пса и Единорога, снова переходит в северное небесное полушарие и замыкается на границе созвездий Орiona и Ближнецов.

Положение Млечного Пути на небе определяет условия его видимости в различные сезоны года. Весенними ночами, когда созвездия Возничего, Персея, Кассиопеи и Лебеда расположены низко над северным горизонтом, Млечный Путь также стелется вблизи горизонта, с северо-запада к северо-востоку, невысоко поднимаясь над точкой севера. В летние ночи

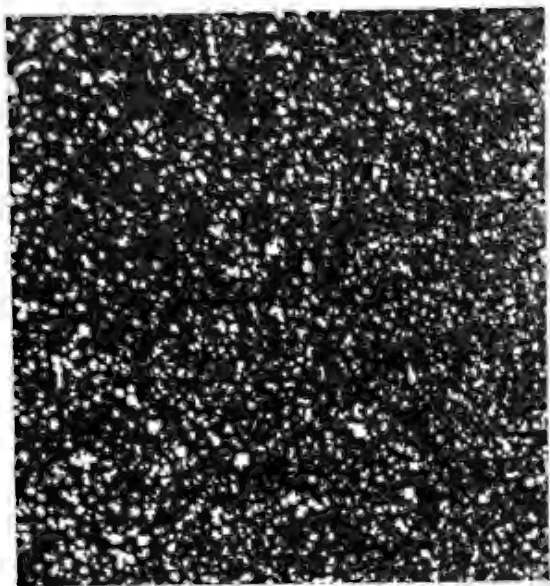


Рис. 26. Млечный Путь в созвездии Лебедь.

Млечный Путь уже высоко поднимается над горизонтом, проходя от созвездия Возничего, расположенного у северного горизонта, к Кассиопее, находящейся высоко в восточной области неба, и опускается к южному горизонту (к созвездиям Стрельца и Скорпиона).

Осенью по вечерам Млечный Путь располагается выше всего и тянется с северо-восточной стороны от созвездия Близнецов, через область зенита, где находится Кассиопея, к западу, к созвездиям Орла и Щита. Наконец, зимними вечерами Млечный Путь, так же как и летом, занимает высокое положение, но простирается от северного горизонта, от созвездия Лебе-

дя, по западной области неба, где находится Кассиопея, к югу, к созвездиям Ориона, Близнецов и Большого Пса. Следовательно, наиболее благоприятными сезонами для наблюдений Млечного Пути являются лето, осень и зима. Весенними же вечерами изучать Млечный Путь трудно и неинтересно.

Почему же на небе образуется звездное кольцо Млечного Пути? Присмотримся внимательнее к распределению звезд на небе. Легко заметить, что наибольшее число как ярких, так и слабых звезд находится в самом Млечном Пути и в непосредственной близости от него. По мере удаления в обе стороны от Млечного Пути число звезд различного блеска заметно убывает и наименьшего значения достигает в областях неба, расположенных на расстояниях около 90° от Млечного Пути, в созвездиях Волос Вероники (в северном полушарии неба) и Скульптора (в южном полушарии неба). Оба эти созвездия состоят из незначительного количества слабых звезд. Значит, совокупность всех звезд, наблюдаемых нами, образует какую-то единую звездную систему такой пространственной формы и структуры, что подавляющее большинство звезд сконцентрировано в виде сравнительно узкого пояса вблизи одной плоскости. Эта звездная система получила название Галактики (от греческого слова «галактикос» — молочный).

Поначалу даже трудно представить себе эту величественную пространственную картину. Ведь физическая природа звезд одинакова с природой Солнца: каждая звезда является самостоятельным солнцем, т. е. гигантским шаром горячей плазмы (смеси электрически заряженных частиц), с температурой в тысячи и десятки тысяч кельвинов на поверхности и в десятки и сотни миллионов кельвинов в недрах! Достаточно напомнить, что наше Солнце, превышающее Землю по диаметру в 109 раз (а по объему — в 1 304 000 раз), принадлежит к типичным звездам-карликам желтого цвета, с температурой поверхности в 6000 К и с температурой недр около 15 млн кельвинов.

Точечный вид этих огромных светил — звезд с Земли объясняется колоссальными расстояниями, отделяющими Землю от них. Вспомним, что Земля удалена от Солнца почти на 150 млн км, а до самой близкой звезды α Центавра расстояние в 275 000 раз

больше. И если световой луч при скорости 300 000 км/с проходит расстояние от Солнца до Земли за 8 минут 19 секунд, то от α Центавра до Земли свет идет 4,3 года, от Веги (α Лир) — 27 лет, а от Денеба (α Лебедя) — свыше 500 лет. От слабых же звезд Млечного Пути свет идет до Земли десятки тысяч лет — так далеки они от нас. Вот почему подавляющее большинство звезд Млечного Пути не видно невооруженным глазом, хотя в действительности многие из них являются белыми и голубовато-белыми гигантскими звездами, излучающими света в десятки тысяч раз больше, чем излучает Солнце.

Исследованиями многих ученых, в том числе советских астрономов профессоров П. П. Паренago, Б. В. Кукаркина, Б. А. Воронцова-Вельяминова, Т. А. Агеяна и др. установлено, что Галактика имеет общую форму сплюснутого эллипсоида с сильной концентрацией звезд к ее экваториальной плоскости. При этом звезды располагаются по спиральям, исходящим из центрального сгущения (рис. 27).

В Галактике насчитывается свыше 150 млрд звезд, а ее диаметр так велик, что свет проходит его примерно за 100 000 лет. Принимая (как это делают астрономы) за единицу расстояния путь, проходимый светом за 1 год ($9,5 \cdot 10^{12}$ км), можно сказать, что диаметр Галактики составляет 100 000 световых лет.

Попытаемся представить эти колоссальные расстояния на нашей модели, в которой Земля изображена дробинкой в 1 мм диаметром и расположена на расстоянии около 12 м от крокетного шара — Солнца. Сохраняя тот же масштаб, мы должны крокетный шар, представляющий звезду Вегу, вынести за пределы реальной Земли на 20 000 км, шар — Денеб поместить на Луну, и тогда Галактика протянется на 74 млн км, т. е. на среднее расстояние Марса от Земли. Если же мы создадим модель Галактики размерами с Землю, то орбита Земли представится кружочком диаметром в 4 мм, а сама Земля — невидимой точкой в 0,0004 мм, или 0,4 микрометра, т. е. ее диаметр будет сравним с длиной волны фиолетового луча света.

Солнце со своими планетами расположено внутри Галактики вблизи ее экваториального пояса, но отнюдь не близко к центральному сгущению, а на расстоянии около 33 000 световых лет от него, т. е. при-

мерно на расстоянии в две трети радиуса Галактики. Для земного наблюдателя спиральные ветви экваториального пояса Галактики проецируются на небо в виде светлой полосы Млечного Пути, а так как земной экватор не имеет никакого отношения к звездным спиралам, то чисто случайно угол между плоскостью

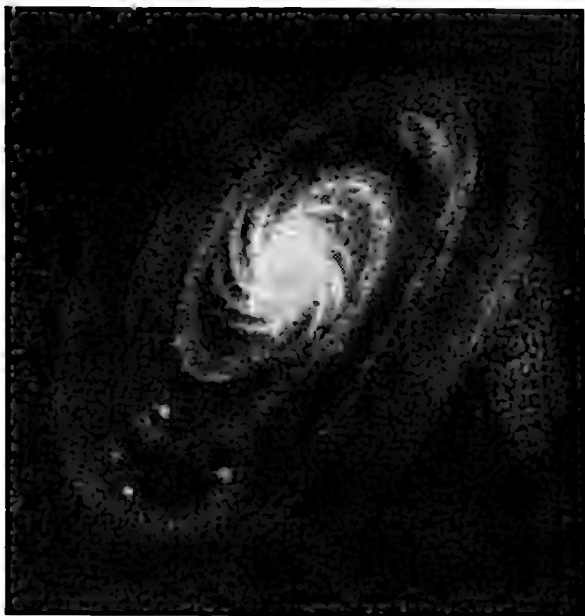


Рис. 27. Спиральная структура Галактики

земного экватора и средней плоскостью Млечного Пути оказался равным 63° , о чем упоминалось выше.

Как же астрономы сумели определить нецентральное положение Солнца в Галактике? Образно говоря, примерно так же, как может житель большого города, не сходя с крыши своего дома, определить свое положение в этом городе. Если он возьмет за труд подсчитать число домов, видимых во всех направлениях от него, и убедится в примерном равенстве этих чисел, он вправе сделать вывод о приблизительно круговом очертании города и своем центральной положении

в нем. Если же он увидит, что в разных направлениях число домов резко различно, то он придет к убеждению о своем нецентральной положении. Более того, по числу домов, видимых в различных направлениях, можно составить общее представление о форме контура города. Но если, к тому же, в распоряжении наблюдателя имеются еще какие-то определенные ориентиры, позволяющие оценивать расстояния (например, уличные фонари, светимость которых известна), то наблюдатель сможет измерить не только свое расстояние от центра или окраины города, но и его размеры.

Примерно в таком же положении находятся и земные наблюдатели при изучении формы и размеров Галактики. Но труд, затрачиваемый на изучение Галактики, неизмеримо больше труда городского жителя, изучающего контуры своего города.

Мы уже упоминали о сильной концентрации звезд к Млечному Пути и о бедных звездами областях неба вдали от него. Это уже позволяет сделать вывод об общей эллипсоидальной форме Галактики, вывод, подтверждающийся промерами расстояний.

А теперь повнимательнее взглянем в различные участки самого Млечного Пути и сравним видимое число звезд на каждом квадратном градусе этих участков. Мы увидим разительную картину. В созвездии Персея Млечный Путь настолько беден звездами (хотя и там звезд значительно больше, чем вне Млечного Пути), что с трудом различается невооруженным глазом.

В соседних созвездиях Кассиопеи и Возничего число слабых звезд в Млечном Пути заметно возрастает и он проступает более четко. При переходе к созвездиям Лебеда и Близнецов яркость Млечного Пути еще более усиливается, поскольку число звезд в нем значительно больше, чем в предыдущих созвездиях.

В созвездии Лебеда Млечный Путь раздваивается и далее идет двумя полосами или, как говорят астрономы, двумя рукавами по созвездиям Лебеда, Орла, Щита, Змееносца, Стрельца и Скорпиона. Но это разветвление Млечного Пути — не реальное. В действительности вдоль ветвей Галактики сравнительно узкой полосой тянутся колоссальные по своим размерам темные пылевые туманности и закрывают от нас (экранируют) центральную часть Млечного Пути. По-



Рис. 22. Метеорный Путь в созвездии Стрельца

добные пылевые туманности, если приглядеться повнимательнее, разбросаны по всему Млечному Пути и выглядят темными пятнами на его светлом фоне. Они, ослабляя (поглощая) свет звезд, очень сильно затрудняют изучение размеров и структуры нашей звездной системы.

В созвездиях Стрельца и Скорпиона яркость Млечного Пути наибольшая; здесь звезд настолько много, что они образуют звездные облака, в центральных частях которых невозможно различить отдельные звезды. Таковы, например, Большое звездное облако (рис. 28) и Малое звездное облако в Стрельце. Это невероятное сгущение звезд объясняется тем, что в направлении на созвездия Стрельца и Скорпиона находятся внутренние области Галактики, в том числе и ее центральное сгущение, скрытое от нас мощным слоем пылевого вещества. В этом же направлении прослеживаются звездные ветви Галактики, расположенные между центральным галактическим сгущением и Солнцем.

Наоборот, в противоположном направлении, где Млечный Путь проходит по созвездиям Персея и Возничего, лежат ближайшие к Солнцу окраины нашей звездной системы, и поэтому в этом направлении число звезд в Млечном Пути значительно меньше.

5. Двойные и кратные звезды

Вернемся к созвездию Большой Медведицы, с которого началось наше знакомство со звездным небом, и снова взглянем на среднюю звезду ручки ее ковша, звезду Мицар (ζ Большой Медведицы).

Почти совсем рядом с ней находится слабая звездочка 4^m , которая от близкого соседства яркого Мицара кажется значительно более слабой. Эта звездочка, обозначаемая на звездных картах латинской буквой «g», имеет собственное имя Алькор. По-арабски Мицар — это конь, а Алькор — наездник. Взаимное расстояние между Алькором и Мицаром составляет около $12'$, т. е. значительно больше разрешающей способности глаза, равной в среднем около $2'$, и поэтому обе звезды видны раздельно. А теперь посмотрим на те же звезды в небольшой телескоп

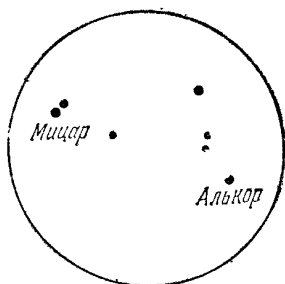


Рис. 29. Мицар и Алькор в поле зрения телескопа

школьного типа с диаметром объектива около 8 см. Как известно, разрешающая способность телескопа выше разрешающей способности глаза, что позволяет видеть в телескоп объекты, расположенные друг от друга на угловых расстояниях, меньших $2'$. В поле зрения телескопа мы увидим (рис. 29) Мицар, который сам состоит из двух близких между собою звезд с взаимным расстоянием $15''$, а в стороне от него — Алькор. Итак, Мицар невооруженному глазу представляется одиночной звездой $2,17^m$, а в действительности состоит из двух близких звезд, блеск которых различается в четыре раза: более яркая имеет звездную

величину $2,40^m$, а менее яркая $3,96^m$. Суммарный же блеск обеих звезд, воспринимаемый невооруженным глазом, естественно, больше блеска каждой звезды в отдельности и выражается звездной величиной $2,17^m$, что легко подсчитать по формуле Погсона (см. с. 19). Обозначив $m_1 = 2,40^m$ и $m_2 = 3,96^m$, получим

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4 (m_2 - m_1) = 0,4 (3,96 - 2,40) = 0,624$$

и по таблицам логарифмов найдем $E_1 = 4,207 E_2$.

Суммарный же блеск двух звезд $E = E_1 + E_2 = 5,207 E_2$, и тогда

$$\lg \frac{E}{E_2} = \lg 5,207 = 0,4 (m_2 - m),$$

а так как $\lg 5,207 = 0,717$, то $0,4 (3,96^m - m) = 0,717$, откуда

$$m = 3,96^m - \frac{0,717}{0,4} = 2,17^m.$$

Звезды, расположенные на небе очень близко друг к другу и образующие, таким образом, пары звезд, получили общее название двойных, а еще более точно, — визуально-двойных звезд, поскольку их двойственность обнаруживается в конечном итоге глазом, хотя бы с применением бинокля или телескопа. Звезды, входящие в пары, называются компонентами двойной звезды, или ее составляющими.

Однако кажущаяся близость на небе далеко не всегда означает действительную близость звезд в пространстве. Поэтому приходится вводить более подробную классификацию двойных звезд. Представьте себе две звезды, видимые с Земли практически в одном направлении (т. е. лучи зрения наблюдателя, направленные к этим звездам, образуют очень малый угол), а в пространстве они удалены на значительное расстояние друг от друга. В этом случае близость звезд является кажущейся, и такие звезды называются оптическими двойными. Примером оптической двойной звезды может служить Мицар и Алькор. Первая звезда удалена от Солнца и Земли на расстояние в 78 световых лет, а вторая — на расстояние в 86 световых лет; следовательно, в направлении луча зрения наблюдателя их расстояния различаются на 8 световых лет, т. е. почти на расстояние звезды Сириуса (α Большого Пса) от Солнца, равное 8,7 светового года.

Другим примером оптической двойной звезды является звезда α Весов, компоненты которой находятся на взаимном угловом расстоянии в $3'50''$ и также различимы невооруженным глазом. Более яркий компонент — звезда $2,90^m$, белого цвета, обозначаемая символом α^2 ; менее яркий компонент, обозначенный α^1 , имеет желтоватый цвет и блеск, равный $5,33^m$, т. е. почти на пределе видимости невооруженным глазом, но в обычный бинокль виден очень хорошо. Звезда α^2 удалена от нас на расстояние в 64 световых года, а звезда α^1 — на расстояние в 78 световых лет, т. е. в пространстве эти звезды разделены расстоянием около 14 световых лет.

Еще более разительным примером служит двойная звезда α Козерога, компоненты которой, оба желтого цвета, видны на небе на взаимном расстоянии в $6'20''$ и вполне различимы невооруженным глазом: блеск звезды α^1 равен $4,53^m$, а звезды α^2 — $3,77^m$. Но в пространстве они удалены друг от друга на 990 световых лет; расстояние от Солнца до первой из них составляет 1090 световых лет, а до второй — около 100 световых лет.

Интересно, что компоненты α^1 и α^2 звезды α Козерога сами являются визуально-двойными звездами, двойственность которых обнаруживается в небольшие телескопы с диаметром объектива около 8 см. Первая звезда состоит из компонентов $4,55^m$ и $9,0^m$, видимых на угловом расстоянии в $46''$ друг от друга, и опять-таки образует оптическую пару. Вторая звезда имеет компоненты $3,77^m$ и $10,6^m$ с взаимным расстоянием в $7''$, но к оптическим двойным звездам не относится, а является физической двойной звездой, часто именуемой бинарной системой.

К физическим двойным звездам принадлежит и знакомая нам звезда Мицар, компоненты которой, оба белого цвета, расположены на взаимном угловом расстоянии в $15''$. Принципиальное отличие физических двойных звезд (физических пар) от оптических состоит в том, что оба компонента физической пары действительно близки друг к другу в пространстве, связаны между собою силой взаимного тяготения и обращаются вокруг общего центра их масс.

Конечно, по одному виду двойной звезды в телескоп невозможно отличить физическую пару от оптической; чтобы это установить, требуются многолетние

наблюдения, сопровождаемые тщательными точными измерениями видимых положений компонентов двойной звезды, измерениями, доступными лишь астрономам-специалистам, располагающим для этой цели специальными инструментами. Однако и при тщательных измерениях далеко не всегда удается установить положение центра масс компонентов, а приходится удовлетворяться систематическими измерениями положения более слабого компонента, называемого спутником, относительно более яркого компонента, называемого главной звездой. Изобразив результаты измерений на чертеже, можно прийти к выводу о характере двойной звезды. Если обнаруживается движение звезды-спутника относительно главной звезды, то изучаемая пара является физической. В противном случае двойная звезда принадлежит к оптическим парам.

К сожалению, любителям астрономии тщательные измерения недоступны и им приходится довольствоваться лишь созерцанием двойных звезд, подавляющее число которых является физическими системами. Кстати, ни одна физическая пара не различима невооруженным глазом, а всегда представляется одиночной звездой, и только телескоп и лишь иногда бинокль позволяют установить ее двойственность.

Но только ли двойственность? Достаточно посмотреть в телескоп на яркую звезду α Близнецов, называемую Кастором, как можно убедиться в существовании физических тройных звезд. Эта яркая звезда, представляющаяся невооруженному глазу одиночной звездой 1,58 звездной величины, видна в телескоп тройной, два компонента А и В которой, имеющие блеск 1,96^m и 2,89^m, разделены расстоянием около 5", а третий компонент С, звезда 9,5^m, удален от первых на 73" и обращается вокруг них с периодом в 420 лет!

На самом деле система Кастора значительно сложнее — это пятикратная звезда, но два ее компонента настолько близки к компонентам А и В, что неразличимы ни в один телескоп, и об их присутствии можно судить лишь по изучению спектра Кастора (спектральные спутники). Получается весьма сложная картина движения в этой системе: компонент А состоит из двух звезд, обращающихся вокруг общего центра их масс с периодом в 9,2 суток; аналогична структура компонента В, в котором обращение происходит за 2,9 суток; обе эти физические двойные звез-

ды также движутся вокруг общего центра масс, а уже вокруг них движется компонент С.

Кстати говоря, и неоднократно упоминавшаяся звезда Мицар (ζ Большой Медведицы), которая видна визуально-двойной, на самом деле пятикратная, но три компонента являются спектральными и в телескоп не видны.

Около яркой звезды Веги (α Лиры) находится слабая звезда ϵ Лиры, $3,83^m$. Зоркому глазу она представляется слегка вытянутой, а в бинокль — двойной, состоящей из двух почти одинаковых по блеску звезд $4,50^m$ и $4,68^m$ с взаимным расстоянием в $3'28''$. Но уже в телескоп школьного типа видно, что каждая из этих звезд сама состоит из двух звезд меньшего блеска. Итак, ϵ Лиры — это визуальная четырехкратная звезда, а есть звезды и большей кратности, например, красивая голубоватая звезда θ Ориона ($4,12^m$). В небольшой телескоп она выглядит семикратной; один компонент $4,86^m$, обозначаемый θ^1 , состоит из четырех голубовато-белых звезд, а другой, θ^2 ($4,89^m$), — из трех звезд, одна из которых имеет желтый цвет, а две другие — голубовато-белый. В системе θ^2 звезды расположены цепочкой, а в системе θ^1 — в виде трапеции, за что она и получила название Трапеции Ориона.

При более сильном увеличении видно, что Трапеция Ориона состоит из шести звезд, а в крупные телескопы обнаруживаются еще три очень слабые звезды 16-й звездной величины.

Таким образом, Трапеция Ориона состоит минимум из девяти звезд и вместе со звездой θ^2 представляет физическую двенадцатикратную систему, т. е. небольшое рассеянное звездное скопление, о которых мы расскажем ниже.

Объекты, аналогичные Трапеции Ориона, состоящие из четырех и более звезд, расположенных друг от друга примерно на равных расстояниях, называются кратными звездами типа Трапеции.

В небольшой книжке невозможно дать подробного описания всех известных систем двойных и кратных звезд, и поэтому мы ограничимся сравнительно полным списком наиболее интересных объектов, доступных наблюдениям в небольшие телескопы, и порекомендуем читателю самому их пронаблюдать. Этот список приведен в главе пятой. Здесь же мы только

отметим, что наибольшее количество двойных и кратных звезд, доступных наблюдениям в небольшие телескопы, находится в созвездиях Орiona, Тельца и Лебедя. В последнем созвездии привлекает внимание красивая двойная звезда β (Альбирсо), состоящая из компонентов желтого и голубоватого цвета. Она хорошо видна в сильные бинокли.

6. Звездные скопления

На примере звезды θ Орiona мы убедились в существовании звезд высокой кратности. Однако кратность этой звезды отнюдь не предельная, так как в природе существуют системы звезд значительно большей кратности, но такие системы называются уже не кратными звездами, а звездными скоплениями. Известны два основных типа звездных скоплений — рассеянные и шаровые.

Рассеянные звездные скопления состоят из нескольких десятков или нескольких сотен звезд и имеют крайне разнообразные очертания, часто далеко не четко выделяющиеся на фоне окружающих звезд, так что иногда на первый взгляд бывает затруднительно определить точные границы и размеры скоплений; центральные же области скоплений выделяются очень четко, и почти каждая звезда в телескоп или на фотографии видна в отдельности.

Размеры рассеянных скоплений различны, от 5 до 65 световых лет, но большинство из них имеет диаметры в 15—30 световых лет. Расстояния рассеянных звездных скоплений от нас также весьма разнообразны. Самым близким является звездное скопление Гиады в созвездии Тельца, имеющее вид треугольника и хорошо различимое невооруженным глазом. Оно расположено рядом с звездой α этого созвездия, Альдебараном, которая в скопление не входит, а лишь проектируется на его фон. Альдебаран находится на расстоянии около 68 световых лет от нас, в то время как расстояние Гиад равно 130 световым годам.

Это звездное скопление содержит примерно 100 звезд и занимает в пространстве объем диаметром около 45 световых лет. Благодаря относительной близости к нам Гиады имеют наибольший видимый угловой диаметр по сравнению с другими рассеянны-

ми звездными скоплениями. По наблюдениям в небольшие телескопы видимый диаметр Гиад близок к 8° , а на фотографиях, где получаются и краевые, более слабые звезды, он достигает почти 20° . Скопление постепенно удаляется от нас, что обнаружено по собственным движениям его звезд.

Другое яркое рассеянное звездное скопление, называемое Плеядами (или Стожарами), также находится в созвездии Тельца. Оно имеет вид красивого,



Рис. 30. Рассеянное звездное скопление Плеяды

блестящего маленького ковшика, состоящего из слабых звезд от третьей до шестой звездной величины, и ночью поздней осенью и зимой высоко поднимается над горизонтом (рис. 30).

Невооруженным глазом в Плеядах видно 7—8 звезд, в сильный бинокль — около 50, в небольшой телескоп — примерно 100 звезд; детальные же подсчеты показывают, что Плеяды содержат 150 звезд от 3-й до 11-й звездной величины, а до 17^m их насчитывается около 250.

На небе Плеяды занимают площадь диаметром в 3° , что по известному расстоянию до них в 420 световых лет позволило вычислить линейный диаметр всего скопления, оказавшийся равным 20 световым годам.

Весьма интересны рассеянное звездное скопление Ясли в созвездии Рака, часто называемое в Англии

Пчелиным ульем, а также двойное рассеянное звездное скопление η и χ в созвездии Персея. Оба они представляются невооруженному глазу туманными пятнами. Первое легко найти между звездами γ и δ Рака, недалеко от Поллукса (β Близнецов), примерно на одной трети расстояния, соединяющего эту звезду с Регулом (α Льва). Второе звездное скопление находится почти посередине между звездами δ Кассиопеи и

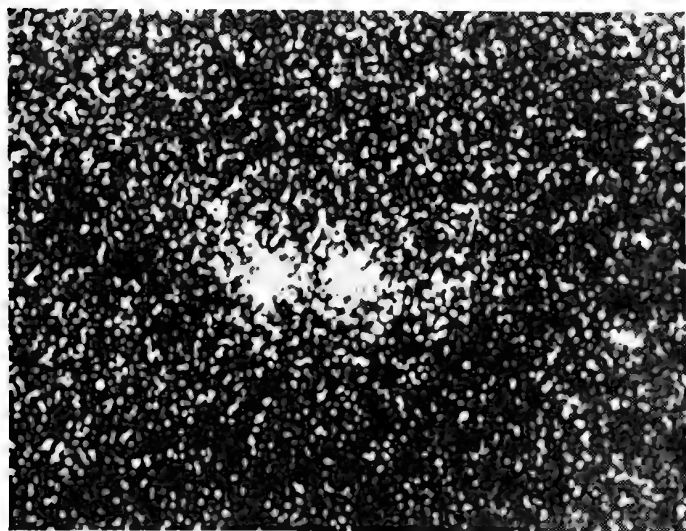


Рис. 31. Двойное рассеянное звездное скопление η и χ Персея

γ Персея и в телескоп (и даже в бинокль) представляет изумительное по красоте зрелище: сотни искрящихся звезд разбросаны на небольшом участке неба диаметром в $72'$, образуя два четко выраженных центра конденсации (рис. 31).

Сравнительно яркие и интересные рассеянные звездные скопления, хорошо видимые в бинокль, находятся в созвездиях Возничего (в 5° к югу от его звезды θ и в $6,5^\circ$ от звезды β Тельца), Близнецов (в $2,5^\circ$ северо-западнее звезды η) и Рака (в 2° западнее звезды α), а также в южных созвездиях Большого Пса (в 5° южнее Сириуса) и Скорпиона (вблизи звезды λ), но вполне понятно, что звездные скопления в этих двух

созвездиях хорошо видны только в южных районах страны.

В настоящее время известно около 1200 рассеянных звездных скоплений, причем подавляющее их большинство расположено в Млечном Пути на всем его протяжении и вблизи него. Это означает, что в нашей Галактике рассеянные звездные скопления образуют своеобразный пояс вблизи ее основной (галактической) плоскости.

Интересно, что некоторые рассеянные звездные скопления представляют собой неустойчивые образования и постепенно распадаются, но этот распад происходит настолько медленно, что пройдут десятки миллионов лет, прежде чем привычные нам по виду Плеяды, Гиады, Ясли и другие рассеянные скопления, может быть, полностью разрушатся. Звезды же, ныне входящие в них, будут продолжать свое существование в качестве одиночных или кратных звезд.

Другой вид звездных скоплений, в отличие от рассеянных, носит название шаровых, за их форму, напоминающую форму шара (рис. 32).

К сожалению, шаровые скопления вследствие колоссального удаления не видны невооруженным глазом и для их изучения требуются сильные телескопы и фотографии. Лишь три из них (в Геркулесе, Змее и Стрельце) зоркому глазу, и то в темные безлунные ночи, представляются очень слабыми туманными пятнами.

В шаровых скоплениях содержатся уже тысячи, десятки и сотни тысяч звезд, причем в центральной части скоплений звезд так много, что ни один мощный телескоп и ни одна фотография не в состоянии разделить центральные области шаровых скоплений на отдельные звезды. Общее число известных нам шаровых скоплений, входящих в Галактику, составляет 135, хотя их должно быть несколько больше, но вряд ли намного, поскольку общая светимость шаровых скоплений вследствие колоссального количества звезд в них огромна, и поэтому мы видим даже те шаровые скопления, которые необычно удалены от нас.

В противоположность рассеянным скоплениям, шаровые звездные скопления не разбросаны вдоль Млечного Пути, а подавляющее их большинство группируется в направлении созвездий Стрельца, Скорпиона и Змееносца, т. е. в направлении на центр

Галактики, окружая со всех сторон ее ядро. Все шаровые скопления очень далеки от нас; до самого близкого, видимого в созвездии Стрельца, около 9000 световых лет, а остальные еще дальше.



Рис. 32. Шаровое звездное скопление

Линейные диаметры шаровых скоплений огромны и лежат в пределах от 49 до 650 световых лет в зависимости от числа звезд в них. Шаровые скопления очень устойчивы и могут существовать миллиарды лет без существенного изменения формы и размеров.

Наиболее яркие шаровые звездные скопления могут быть видны в небольшие телескопы как туманные пятна, по краям которых разбросаны слабые звезды.

На с. 15 упоминалось о списках звезд, называемых звездными каталогами. Аналогичные списки — каталоги — создаются и для других объектов неба, в том числе и для рассеянных и шаровых звездных скоплений. В таких каталогах приводятся экваториальные координаты объектов и их изученные характеристики, например, видимый угловой диаметр, расстояние, линейный диаметр и т. д. Существует несколько каталогов, в которые записаны звездные скопления, и в каждом из них скопления обозначены порядковыми номерами. В настоящее время часто употребляется нумерация по «Каталогу туманностей и звездных скоплений», опубликованному французским астрономом Мессье в 1781 г.; в этом случае перед номером объекта ставится буква М, например, М 13. Но наиболее распространены обозначения по «Новому общему каталогу туманностей и звездных скоплений» (NGC) и его двум дополнениям (IC), опубликованным английским астрономом Дрейером соответственно в 1888, 1895 и 1910 гг. и переизданным в 1962 г.; тогда перед номером объекта ставятся буквы NGC и IC, например NGC 6664 и IC 1805.

Интересно отметить, что больше всего рассеянных звездных скоплений имеется в созвездиях Кассиопеи, Скорпиона и Кормы (24 скопления в каждом созвездии), а шаровых — в созвездиях Змееносца (21 скопление) и Стрельца (17 скоплений), но далеко не все они могут быть видны в телескопы малой силы. Список звездных скоплений, доступных наблюдениям в небольшие телескопы, приводится в главе пятой.

Наблюдать звездные скопления лучше всего в безлунные ночи с увеличением, не превышающим 80 раз, а разбросанные скопления, такие, как Плеяды, Ясли, χ и h Персея — с увеличением около 30 раз, чтобы в поле зрения телескопа было видно больше звезд.

7. Переменные звезды

В начале нашей книги мы упомянули звезду Алголь (β Персея), изменение блеска которой было известно арабским астрономам еще в средние века. В Европе переменность этой звезды была открыта лишь в 1667 г. итальянским астрономом Монтанари. Несколько ранее, в 1639 г. молодой астроном Хольварда указал

на переменность звезды о Кита, названной впоследствии Мирой, т. е. Дивной (Удивительной) за необычайно большие колебания блеска в пределах от 2-й до 10-й звездной величины. В дальнейшем обнаружилась переменность блеска и некоторых других звезд, но с 90-х годов прошлого столетия, благодаря специальным поискам, переменные по блеску звезды стали обнаруживаться сотнями. Особенно много переменных звезд было открыто в 1921—1940 гг. и в послевоенные годы, причем большой вклад в розыски и изучение переменных звезд внесли советские астрономы и любители астрономии, в особенности известные исследователи переменных звезд профессора П. П. Паренаго, Д. Я. Мартынов, Б. В. Кукаркин, В. П. Цесевич и многие другие.

К настоящему времени известно более 28 400 переменных звезд, получивших обозначения.

Чтобы в списках звезд можно было сразу отличить переменные звезды от звезд постоянного блеска, условились их обозначать большими буквами латинского алфавита, начиная с буквы R (R, S и т. д. до Z), с указанием созвездия, например: R Лиры, R Льва, T Стрельца и т. д. Если в данном созвездии переменных звезд много и указанных букв не хватает, тогда вводят для обозначений комбинации из двух букв: RR, RS, ..., TT, ..., ZZ, AA, AB и т. д. до QZ. Таким способом можно обозначить 334 звезды. Но в некоторых созвездиях (Лебедя, Стрельца и др.) переменных звезд оказалось так много, что и этих комбинаций букв не стало хватать. Тогда вновь открываемые в этих созвездиях переменные звезды стали обозначать так, как следовало, пожалуй, обозначать все переменные звезды — буквой V (от variable — переменная) и порядковым номером переменной звезды в созвездии: например, V 335 Стрельца, V 386 Лебедя и т. д. Но за переменными звездами, обозначенными буквами греческого алфавита до обнаружения их переменности, сохранились прежние обозначения. Этим и объясняется, почему яркие переменные звезды обозначаются греческими буквами (β Персея, β Лиры, η Орла, δ Цефея и др.), а не комбинациями латинских букв.

Причины переменности блеска звезд может быть только две: либо взаимные затмения звезд, либо физические процессы, происходящие в их недрах. По

этим признакам переменные звезды относят либо к классу затменных переменных звезд, либо к классу физических переменных звезд. В каждом классе насчитывается несколько различных типов, отличающихся друг от друга формой компонентов и их внутренним строением, а внешним признаком служит различие формы кривых блеска, показывающих характер изменения блеска звезд во времени.

Затменные переменные звезды часто называются затменно-двойными, так как каждая такая звезда состоит из двух звезд-компонентов (как и обычные физические двойные звезды), но компоненты так близки друг к другу, что не различимы даже в самые сильные телескопы, и двойственность затменных звезд обнаруживается лишь по характеру кривой блеска и спектральным исследованиям.

Оба компонента, составляющие затменно-двойную звезду, обращаются вокруг общего центра их масс по эллиптическим орбитам, плоскости которых направлены к Земле и образуют очень малые углы с лучом зрения наблюдателя. Поэтому в процессе обращения компоненты затменно-двойной звезды частично или полностью периодически заслоняют (затмевают) друг друга от наблюдателя (рис. 33). Вне затмений до на-

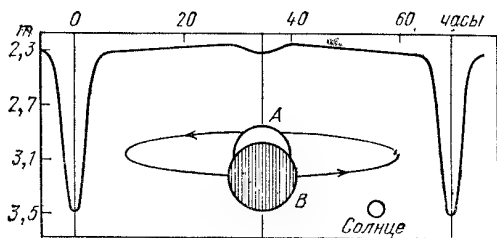


Рис. 33. Затменная переменная звезда Алголь и кривая ее блеска

блюдателя доходит свет от обоих компонентов. Во время же затмений часть светового потока перехватывается затмевающей звездой, общее количество света, доходящее до наблюдателя, уменьшается и наблюдатель фиксирует уменьшение блеска затменно-двойной звезды.

Вид кривой блеска затменной переменной звезды зависит от формы, светимости, массы и взаимного расстояния ее компонентов, а также от степени вытяну-

тости и ориентировки их орбит относительно наблюдателя (относительно Земли). На рис. 33 изображена кривая блеска затменной звезды типа Алголя (β Персея). У звезд этого типа компоненты имеют шаровидную форму; по своим размерам спутник больше главной звезды, а его светимость меньше светимости главной звезды. Оба компонента либо белого цвета, с температурой около 9000—11 000 К, либо главная звезда белого цвета, а звезда-спутник желтого цвета, с температурой от 5000 до 8000 К. Пока затмения нет, блеск звезды практически постоянен; при затмении главной звезды менее ярким спутником блеск резко уменьшается (главный минимум), а при заходе спутника за главную звезду уменьшение общего блеска незначительно (вторичный минимум). Одинаковые минимумы блеска наступают через строго определенные промежутки времени, называемые периодом неремежности звезды. Очевидно, период переменности равен периоду обращения компонентов.

Разность между звездной величиной m_n звезды при наименьшем (минимальном) ее блеске и звездной величиной m_m при наибольшем (максимальном) блеске называется амплитудой блеска переменной звезды ($\Delta m = m_n - m_m$).

Небольшое плавное увеличение блеска затменной переменной звезды перед вторичным минимумом и аналогичный медленный спад блеска после него объясняется тем, что, помимо излучения собственного света, звезда-спутник отражает свет главной звезды в тем большей степени, чем ближе к главной звезде проходит спутник. Это явление получило название эффекта отражения, хотя правильнее было бы назвать его эффектом перензлучения, поскольку в действительности происходит не простое отражение света главной звезды, а его поглощение поверхностью (фотосферой) спутника, с последующим излучением света в пространство.

На рис. 34 показаны положения звезды-спутника относительно главной звезды (С), соответствующие главному минимуму (А) и вторичному минимуму (В) блеска переменной звезды.

Вторичный минимум блеска далеко не всегда занимает среднее положение между главными минимумами. Он лежит строго посередине между главными минимумами только в том случае, если большая ось

орбиты звезды-спутника направлена к наблюдателю, т. е. к Земле (рис. 34, а). Если же большая ось орбиты звезды-спутника расположена по-иному, то вторичный минимум смещается в сторону главного минимума тем сильнее, чем больший угол образует большая ось орбиты с направлением к Земле и чем более

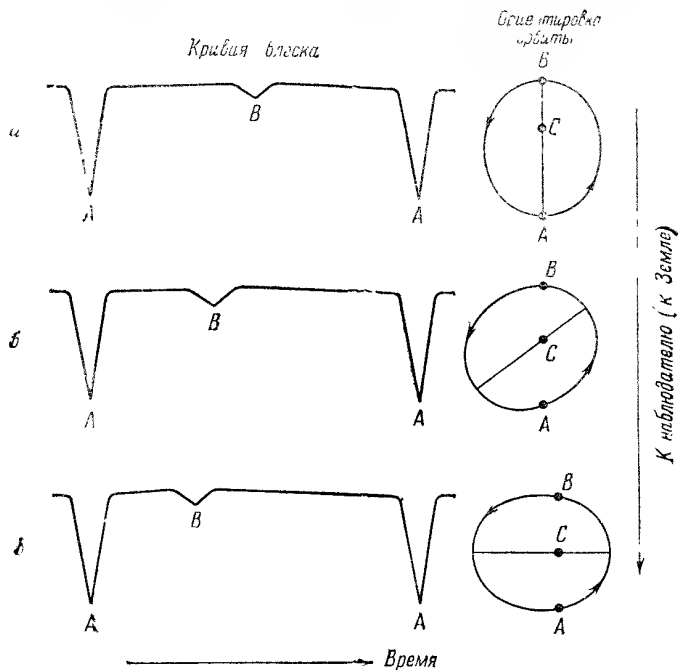


Рис. 34. Вид кривой блеска в зависимости от ориентировки орбиты звезды-спутника

вытянута орбита звезды-спутника (рис. 34, б, в). Это объясняется тем, что скорость движения звезды-спутника в соответствии с законами Кеплера (см. с. 96—97) возрастает вблизи главной звезды и уменьшается при удалении от нее.

Таким образом, если тщательно изучить изменение блеска затменно-двойных звезд на протяжении длительных промежутков времени, то можно не только установить физические характеристики звезд-компонентов, но и получить достоверные сведения о вращении их орбит,

Кстати, у самого Алголя наибольший блеск равен $2,20^m$, в главном минимуме он ослабевает на $1,27^m$, а во вторичном — лишь на $0,06^m$, причем оба затмения, как главное, так и вторичное, длятся около 9 часов 45 минут.

Кривая блеска этой звезды очень медленно, но все же несколько меняет свой вид из-за того, что в действительности Алголь состоит не из двух, а из трех (может быть, даже из четырех) компонентов. Период обращения двух наиболее близких друг к другу и наиболее ярких звезд-компонентов равен 2,867 суток, или 2 суткам 20 часам 49 минутам, и определяет период переменности блеска Алголя. Главная звезда белого цвета имеет радиус, в три раза превышающий радиус Солнца, и массу, равную пяти солнечным массам. Радиус звезды-спутника, имеющего желтый цвет, в 3,2 раза больше радиуса Солнца, а масса равна солнечной. Обе эти звезды обращаются вокруг общего центра масс почти по круговым орбитам, находясь друг от друга на среднем расстоянии около 11 млн км. Их относительная скорость обращения по орбитам достигает 720 км/с.

Третья звезда (светло-желтого цвета) имеет радиус, на 20 % превышающий радиус Солнца, и массу более солнечной в 1,3 раза. Она обращается вокруг первых двух звезд на среднем расстоянии около 440 млн км, с периодом в 1,873 года, и ее средняя скорость близка к 50 км/с. Свет, излучаемый этой звездой, несколько изменяет правильный характер кривой блеска Алголя, показанный на рис. 33.

Совсем иной вид имеет кривая блеска голубовато-белой затменно-двойной звезды β Лиры и сходных с нею по структуре затменных переменных звезд (звезды типа β Лиры). Кривая показывает непрерывное, плавное изменение блеска звезды (рис. 35), что объясняется вытянутой (эллипсоидальной) формой обоих компонентов, различных по размерам и светимости. Эллипсоидальная же форма звезд объясняется необычайной их близостью друг к другу, так что обе звезды могут даже иметь общую газовую оболочку.

При обращении компонентов вокруг общего центра масс к нам последовательно поворачиваются различные стороны эллипсоидального тела звезд, вследствие чего общий блеск переменной звезды непрерывно изменяется. Главный минимум блеска соответствует та-

кому положению, при котором обе звезды повернуты к нам своими «торцами» (т. е. меньшей площадью), и меньшая по размерам и светимости проходит перед более яркой.

Но если оба компонента имеют одинаковые размеры и светимость, то вторичный минимум блеска по своей глубине не будет отличаться от главного. Таковую кривую блеска имеют затменные переменные звезды типа W Большой Медведицы.

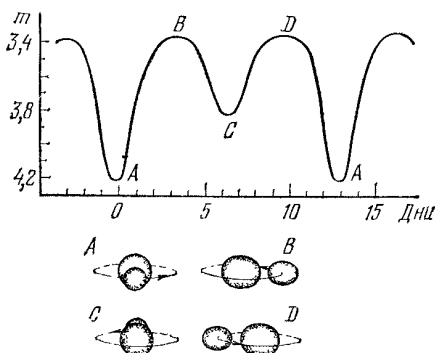


Рис. 35. Затменная переменная звезда β Лиры (Шелиак) и кривая ее блеска. Буквами обозначены положения звезды-спутника и соответствующие им участки кривой блеска

В отличие от затменно-двойных звезд изменение блеска физических переменных звезд вызывается внутренними процессами, происходящими в их недрах. Физические переменные звезды подразделяют на ряд типов, число которых достигает примерно 50. Среди них есть типы звезд с правильным изменением блеска, т. е. с периодическими повторениями определенных его значений; существуют звезды с непериодическими изменениями блеска, их относят к различным типам неправильных и полуправильных переменных звезд; наконец, имеется несколько типов звезд, резкое возрастание светимости которых (в тысячи и десятки тысяч раз) вызывается взрывными процессами в их недрах; такие звезды получили общее название эруптивных звезд.

В нашу задачу не входит описание всех типов физических переменных звезд. Интересующихся ими мы адресуем к книгам В. П. Цесевича «Что и как

наблюдать на небе» (М.: Наука, 1979) и «Переменные звезды и их наблюдение» (М.: Наука, 1980). Здесь же мы отметим лишь несколько типов, наблюдения которых весьма желательны и вполне доступны скромным средствам любителей астрономии.

Интересными физическими переменными являются пульсирующие звезды, регулярно меняющие свой блеск с удивительным постоянством на протяжении многих лет. Эти звезды принадлежат к гигантам и сверхгигантам, превышающим размеры Солнца в десятки и сотни раз, а его светимость — в сотни и тысячи раз. Вследствие нарушения равновесия между силой притяжения вещества к центру звезды и силой давления газов изнутри такая звезда ритмично пульсирует, то расширяясь, то сжимаясь в некоторых пределах. При сжатии поверхность звезды несколько уменьшается, но зато повышается ее температура и увеличивается светимость, т. е. общее излучение звезды, а следовательно, возрастает ее блеск. При расширении же звезды ее температура и светимость уменьшаются. Чередование сжатия и расширения происходит у каждой такой звезды со строго определенным периодом, и поэтому с таким же периодом колеблется ее блеск. Часто эти звезды называют правильными пульсирующими переменными.

К одной из групп правильных пульсирующих переменных звезд принадлежат звезды типа RR Лиры, названные так по характерному их представителю — переменной звезде в созвездии Лиры, обозначенной символом RR. Все переменные звезды этого типа являются гигантами желтовато-белого цвета с температурой поверхности около 8000 К и периодами переменности от 5 часов до 1,2 суток, но у большинства звезд этой группы периоды переменности близки к 12 часам. Кривые их блеска характеризуются острыми пиками, а амплитуда блеска (т. е. величина его колебания) лежит в пределах от $0,2^m$ до $2,0^m$. У самой звезды RR Лиры блеск меняется от $7,1^m$ в максимуме до $8,1^m$ в минимуме, т. е. с амплитудой в $1,0^m$, а период переменности блеска составляет 0,567 суток, или 13^h36^m (рис. 36). Иногда, по старой привычке, звезды типа RR Лиры называют короткопериодическими цефеидами за некоторое сходство изменения их блеска с меняющимся блеском звезды δ Цефея, переменность которой была обнаружена еще в конце 1784 г. моло-

дым английским любителем астрономии Дж. Гудрайком (1764—1786).

Звезда δ Цефея является типичным представителем обширной группы пульсирующих переменных звезд, названных классическими цефеидами. Эти звезды принадлежат к желтым сверхгигантам с температурой поверхности примерно от 7000 до 6000 К. Амплитуды их блеска — от $0,1^m$ до $2,0^m$, а периоды переменности крайне различны, от 1 до 70 суток, причем у большинства близок к 7 суткам. При пульсации

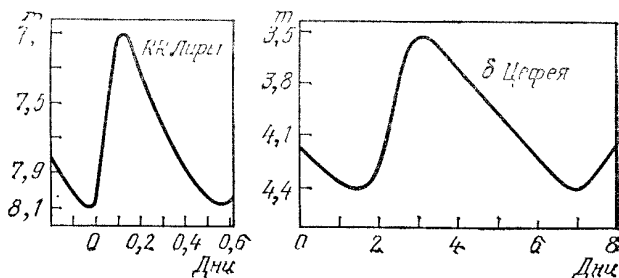


Рис. 36. Кривые блеска физических переменных звезд RR Лыры и δ Цефея

их радиусы изменяются примерно на 5 % в обе стороны от среднего значения. Сама δ Цефея меняет блеск от $3,5^m$ в максимуме до $4,4^m$ в минимуме с периодом в 5,366 суток = $5^d 8^h 47^m$ (см. рис. 36). Ее средний радиус в 40 раз превышает радиус Солнца (около 700 тыс. км) и в процессе пульсации попеременно уменьшается и увеличивается на два солнечных радиуса, т. е. на 1400 тыс. км.

К правильным пульсирующим звездам принадлежат также долгопериодические переменные звезды, или мириды, названные так по имени уже упоминавшейся ранее звезды Миры (о Кита). Будучи огромными по своему объему, превышающему объем Солнца в десятки миллионов раз, эти красные сверхгиганты с низкой температурой поверхности (около 2500 К) пульсируют очень медленно, чем и объясняются продолжительные периоды переменности их блеска, лежащие в пределах от 80 до 1000 дней. У разных представителей этого типа переменных звезд амплитуды блеска бывают от $2,5^m$ до 11^m . Сама Мира Кита меняет блеск от $2,0^m$ до $10,1^m$ с периодом в 332 суток.

Но, пожалуй, самым любопытным в пульсации мириад является тот факт, что несмотря на колоссальные колебания блеска (амплитуда блеска в 9^m соответствует его изменению в 4000 раз!), общее количество излучаемой звездой энергии меняется всего лишь в два раза. Происходит своеобразное периодическое перераспределение излучаемой энергии по разным участкам спектра: из участков, воспринимаемых глазом, в участки, недоступные визуальному восприятию, и обратно. Оказывается, что это явление объясняется присутствием значительного количества окиси титана в атмосферах этих сверхгигантских холодных звезд.

Развитие науки показывает, что наблюдения переменных звезд дают очень ценный материал для изучения многих физических характеристик звезд вообще, для решения проблем звездной эволюции, а также для уточнения наших представлений о структуре Галактики. Вот почему систематические наблюдения переменных звезд, в том числе и уже исследованных, весьма желательны, тем более, что периоды их переменности все же подвержены некоторым изменениям.

Несмотря на быстрое развитие инструментальных методов наблюдений, визуальные (т. е. глазомерные) оценки блеска переменных звезд до сих пор не потеряли своего научного значения и позволяют с достаточно высокой точностью изучать изменение блеска этих интересных объектов.

Сущность визуальных наблюдений сводится к сравнению блеска изучаемой переменной звезды с блеском звезд, звездная величина которых известна и не меняется. Выбранные для сравнения звезды так и называются — звезды сравнения.

Обычно используют 4—6 звезд сравнения и подбирают их так, чтобы, во-первых, их цвет наиболее близко подходил к цвету изучаемой переменной звезды, и, во-вторых, чтобы 2—3 звезды были бы немного ярче переменной, а остальные немного слабее нее.

Для оценки блеска переменной звезды существуют три способа, из которых мы опишем только два, наиболее подходящих начинающему наблюдателю. Первый способ принадлежит Э. Пикерингу, который предложил сравнивать блеск переменной звезды (v) с блеском двух звезд сравнения — одной несколько более яркой (a) и другой несколько более слабой (b), чем переменная, мысленно деля интервал между бле-

ском звезд сравнения на 10 частей, называемых степенями. Смотри поочередно на звезды a , v и b , нужно установить положение переменной звезды по блеску между звездами сравнения. Если наблюдатель видит, что переменная звезда v слабее звезды сравнения a во столько же раз, во сколько раз она ярче звезды сравнения b , то он записывает: $a5v5b$. Если блеск переменной v немного ближе к блеску звезды a , чем к блеску звезды b , то запись будет иметь вид $a4v6b$ или, может быть, $a3v7b$. Если блеск звезды v еще заметно отличается от блеска звезды a и заметно больше блеска звезды b , то следует записать $a1v9b$. Для большей точности исследований оценки переменной звезды производят по двум-трем парам звезд сравнения.

Чтобы получить блеск переменной звезды в звездных величинах, необходимо знать звездные величины звезд сравнения, которые заимствуют из звездных каталогов. Пусть звездная величина звезды a есть m_a , а звездная величина звезды b есть m_b , причем $m_b > m_a$, так как блеск b меньше блеска a . Тогда одна степень будет соответствовать $0,1(m_b - m_a)$, и по оценкам блеска легко получить звездную величину m_v переменной звезды. Для приведенных выше оценок будет:

$$\begin{aligned} m_v &= m_a + 0,5(m_b - m_a) & \text{и} & & m_v &= m_b - 0,5(m_b - m_a), \\ m_v &= m_a + 0,4(m_b - m_a) & \text{и} & & m_v &= m_b - 0,6(m_b - m_a), \\ m_v &= m_a + 0,3(m_b - m_a) & \text{и} & & m_v &= m_b - 0,7(m_b - m_a), \\ m_v &= m_a + 0,1(m_b - m_a) & \text{и} & & m_v &= m_b - 0,9(m_b - m_a). \end{aligned}$$

При оценках блеска переменной звезды с несколькими парами звезд сравнения находятся значения m_v из каждой оценки, а затем по ним берется среднее арифметическое, которое округляется до сотых долей звездной величины.

Другой способ, предложенный С. Н. Блажко и Нейландом, аналогичен предыдущему, но только интервал блеска звезд сравнения делится не на 10, а на то число степеней, которое реально может различить наблюдатель. Как правило, начинающий наблюдатель делит этот интервал на 5—6 частей (степеней), и производит оценки блеска в этих степенях. Обработка наблюдений, проведенных этим способом, более сложна, чем в способе Пикеринга, но зато позволяет получить более точные результаты и не требует знания

звездных величин всех звезд сравнения, а только некоторых из них, что особенно удобно при наблюдениях слабых по блеску переменных звезд. Однако начинающему наблюдателю достаточно первичная обработка наблюдений описанным выше методом с учетом того, что каждая степень получается от деления разности звездных величин звезд сравнения ($m_b - m_a$) на число принятых степеней между блеском этих звезд.

Для приобретения навыков наблюдений переменных звезд настоятельно рекомендуется систематически наблюдать звезды, указанные в главе пятой, причем долгопериодические переменные следует наблюдать один раз в 10 дней, а остальные звезды — каждый ясный вечер, проводя за вечер 4—5 оценок. Особенно интересны наблюдения вблизи минимумов блеска затменных переменных звезд и максимумов физических переменных звезд. Сведения о приближенных моментах минимумов и максимумов публикуются в Астрономическом Календаре-ежегоднике Всесоюзного астрономо-геодезического общества, издаваемом издательством «Наука». Аналогичные сведения для начальных наблюдений ярких переменных звезд можно заимствовать из Школьного астрономического календаря, ежегодно выпускаемого издательством «Промсвещение».

После приобретения навыков в оценке блеска переменных звезд полезно обратиться к упомянутым выше книгам В. П. Цесевича, где дается перечень рекомендуемых к наблюдениям переменных звезд и объясняются способы обработки наблюдений.

Наблюдателям, хорошо знающим звездное небо и умеющим оценивать блеск звезд, может повезти обнаружить новую звезду, что неоднократно было в истории астрономии. Впрочем, появляется не в буквальном смысле новая звезда, а внезапно разгорается слабая звездочка, ранее не видимая не только невооруженным глазом, но зачастую даже в телескопы средней силы. При внезапной вспышке блеск этой звезды может увеличиться настолько, что она станет видимой невооруженным глазом. Это и дало повод назвать подобные звезды новыми.

Причиной вспышек новых звезд служат взрывы их внешних слоев (оболочек), происходящие вследствие выделения из недр звезд колоссального количества

ядерной энергии. В какие-нибудь 2—3 дня (а то и менее) и без того огромный звездный шар внезапно раздувается до размеров, в сотни раз превышающих первоначальные, что приводит к резкому усилению светимости, а следовательно, и блеска звезды в десятки тысяч раз. Именно о таких звездах говорилось на с. 23. Вздувшаяся газовая оболочка разлетается от звезды во все стороны со скоростью, достигающей 1000 км/с. Через несколько месяцев (в разных случаях от полугода до двух-трех лет) сброшенная оболочка, освещаемая звездой, становится видимой в телескопы как слабо светящаяся газовая туманность, окружающая звезду. Со временем оболочка рассеивается в пространстве и становится невидимой.

Сама же звезда постепенно успокаивается, сжимается, через 1,5—2 года возвращается почти к первоначальному состоянию, и ее блеск, как установил проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов, уменьшается примерно до прежнего значения, но иногда испытывает колебания. Исследованиями установлено, что многие новые звезды оказались двойными, и, может быть, это обстоятельство способствует их взрыву.

Иногда в недрах некоторых звезд происходят взрывы такой колоссальной мощности, что они раздуваются и разрушают всю звезду. В момент взрыва светимость и блеск такой звезды, называемой сверхновой звездой, возрастает в десятки и сотни тысяч раз и она становится настолько яркой, что может быть видна даже днем.

Именно такая сверхновая звезда вспыхнула в 1572 г. в созвездии Кассиопеи. Теперь эта звезда не видна, а на ее месте находится очень слабая, обнаруживаемая лишь на фотографии волокнистая туманность. Она является источником мощного космического радионизлучения, обусловленного быстро движущимися электронами.

Вспышки ярких сверхновых звезд — очень редкое явление. Помимо сверхновой звезды 1572 г. в Кассиопее, известны вспышки еще двух ярких сверхновых — в 1054 г. в созвездии Тельца и в 1604 г. в созвездии Змееносца. На месте первой звезды теперь существует непрерывно расширяющаяся газовая туманность, известная под названием Крабовидной. Она тоже является мощным источником радионизлучения. Внутри туманности находятся две очень слабые звезды 16-й

звездной величины. Одна из них, расположенная несколько севернее другой, никакого отношения к Крабовидной туманности не имеет, а просто проектируется на нее. Зато другая представляет собой остаток сверхновой звезды, вспыхнувшей в 1054 г.

Весьма примечательно, что этот объект излучает радиоволны чрезвычайно короткими импульсами, длительностью в 0,003 с, повторяющимися через 0,033 с, и с таким же периодом в 0,033 с синхронно меняется его блеск в пределах от 14^m до 16^m . Происходят своеобразные и сходные по форме пульсации оптического и радиоизлучения, и поэтому объекты такого типа названы пульсарами. Впервые пульсары открыты летом 1967 г. английскими астрономами.

Выяснилось, что пульсар в Крабовидной туманности излучает короткими импульсами и в рентгеновском диапазоне, но за 0,033 с происходят две вспышки рентгеновского излучения.

Благодаря усилиям астрономов ряда стран, в том числе и Советского Союза, теперь известно около 400 пульсаров, с периодами пульсаций от 0,002 до 4,75 с, причем у многих из них обнаружено не только рентгеновское, но даже коротковолновое гамма-излучение. Большинство пульсаров расположено на небе в Млечном Пути и вблизи него, т. е. они находятся в нашей Галактике и концентрируются к ее экваториальной плоскости.

Физическая природа пульсаров в настоящее время усиленно изучается, и есть все основания считать их быстро вращающимися звездами, в основном состоящими из нейтронов. Возможность существования таких нейтронных звезд была теоретически обоснована еще в 1937 г. советским академиком Л. Д. Ландау (1908—1968). Нейтронные звезды рождаются в процессе вспышки сверхновых звезд при резком, катастрофическом гравитационном сжатии их обнаженных недр до размеров, не превышающих 40 км в диаметре(!). Возникающее при этом внутри нейтронной звезды колоссальное давление в сотни тысяч миллиардов атмосфер доводит ее плотность до 10^6 тонн/см³.

Сильное магнитное поле и быстрое осевое вращение нейтронных звезд-пульсаров вызывает наблюдаемое у них импульсное излучение с теми же периодами, с какими вращаются сами пульсары. И хотя трудно представить быстрое вращение с периодами от

0,002 до 4,75 с даже чрезвычайно малых по размерам звезд, все же теоретические расчеты подтверждают именно это вращение.

Наблюдения пульсаров недоступны любителям астрономии, так как требуют специальной аппаратуры.

В ряде мест Млечного Пути обнаружены слабо светящиеся газовые туманности, также дающие значительное радиоизлучение. По мнению астрофизиков, все эти туманности являются остатками сверхновых звезд, вспыхнувших очень давно.

Грозит ли подобная вспышка нашему Солнцу? Исследования показывают, что взрывам подвержены далеко не все, а лишь особые по своей структуре звезды, к которым наше карликовое Солнце не принадлежит, а поэтому вспыхнуть не может.

Читатель наверное уже обратил внимание на то обстоятельство, что все перечисленные выше новые и сверхновые звезды, кроме Новой Геркулеса, вспыхнули в поясе Млечного Пути. Поэтому очень полезно детально изучить созвездия, расположенные в Млечном Пути, и по мере возможности регулярно их наблюдать. Может быть и вы, читатель, откроете новую звезду, и тогда о своем открытии вы должны немедленно телеграфом оповестить Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга (Москва, Ленинские горы, Астрономический институт) или Астрономический совет Академии наук СССР (Москва, Академия наук, Астросовет).

8. Светлые диффузные туманности

Но далеко не все газовые туманности являются остатками вспышек сверхновых звезд. Очень много и таких, которые существуют сами по себе, и именно из их газового вещества постепенно, на протяжении миллионов лет, формируются звезды. К таким неправильной формы диффузным газовым объектам принадлежит знаменитая Большая туманность Ориона (рис. 37), расположенная вокруг Трапеции (θ Ориона), в середине треугольника, образованного двумя нижними яркими звездами (α и β) Ориона и левой звездой ζ пояса этого созвездия. В темную безлунную ночь она представляется невооруженному глазу слабо светящимся зеленоватым пятном в Мече Ориона и

уже хорошо видна в сильные бинокли и небольшие телескопы. Видимые (угловые) размеры Туманности Ориона примерно $66' \times 60'$. Линейные же размеры этой массы слабо светящегося газа поистине огромны: туманность занимает пространство диаметром около 20 световых лет или около $190 \cdot 10^{12}$ км, что легко вычислить по ее расстоянию от нас, равному

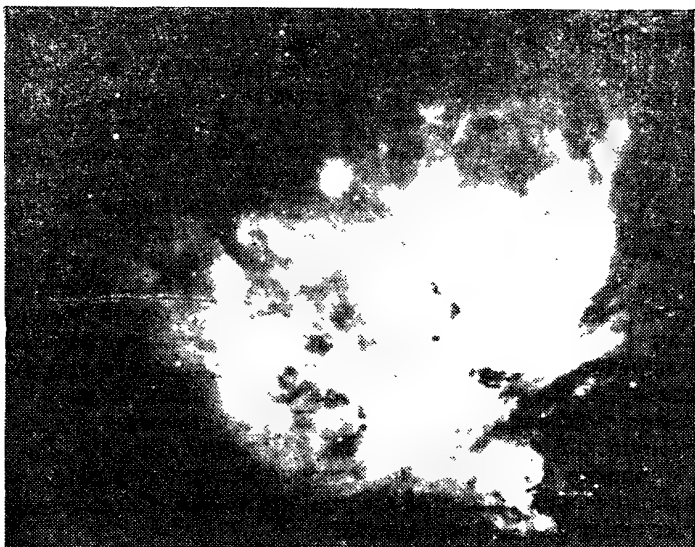


Рис. 37. Большая диффузная туманность в Созвездии Ориона

980 световым годам. В состав Туманности Ориона входит и мелкая пыль.

Газовых туманностей в нашей Галактике очень много, но далеко не все доступны наблюдениям любительскими средствами. Даже наиболее яркие из них видны в телескопы средней силы как слабые туманные пятна.

Помимо Большой туманности Ориона, обозначаемой символом М 42 (по каталогу Мессье), яркие светлые газовые туманности находятся в созвездиях Стрельца, Лисички, Лебедя, Лиры, Водолея, Близнецов. Одна из них, М 20, называемая Тройной, расположена посередине между яркими звездами ζ Стрель-

на и η Змееносца, в трех градусах юго-западнее слабой звезды μ Стрельца. Ниже нее, на расстоянии $1,5^\circ$, находится еще одна светлая туманность, М 8, называемая Лагуной. На самой границе созвездий Стрельца, Щита и Змеи, почти посередине между звездами

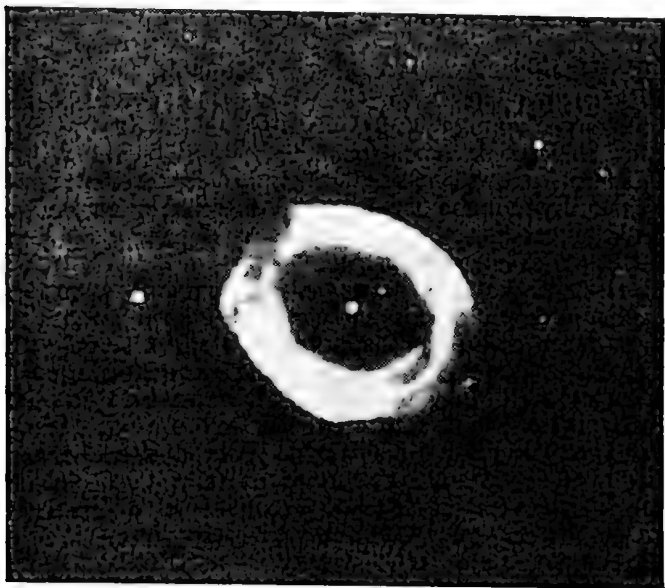


Рис. 38. Планетарная туманность «Кольцо» в созвездии Лиры

η Змеи и δ Стрельца, легко обнаружить светлую туманность «Подкову» или «Омегу», имеющую обозначение М 17.

Светлые газовые туманности, вид которых напоминает диск или кольцо, получили название планетарных. Красивая планетарная туманность М 57 (рис. 38) расположена посередине между звездами β и γ Лиры. Дiskoобразная планетарная туманность М 27 «Гантель» находится в созвездии Лисички, почти посередине между звездами α Дельфина и β Лебедя. В телескопы средней силы она выглядит двойной и действительно напоминает гимнастическую гирю — гантель. Интересная туманность, напоминающая по

форме планеты Сатурн, находится в созвездии Водолея, в 1° к западу от его звезды γ . Список ярких туманностей приведен в главе пятой. Наблюдать их следует с увеличением, не превышающим 40 раз.

9. Звездные системы — галактики

В главе первой мы вкратце познакомились с нашей звездной системой — Галактикой и отметили ее спиральную структуру. Но Галактика отнюдь не является единственной звездной системой. Далеко за ее пределами, в безбрежных просторах Вселенной движется бесчисленное множество подобных звездных систем различных форм, структуры и размеров. Все они называются галактиками.

Ближайшая к нам спиральная звездная система, сходная по структуре и размерам с нашей Галактикой, видна в созвездии Андромеды, в $1,5^\circ$ к западу от ее звезды γ . Она известна как Туманность Андромеды и обозначается М 31 или NGC 224. Находится она на расстоянии около 2 млн световых лет от нас. Невооруженному глазу и в небольшие телескопы она представляется светлым туманным пятном; фотография же, полученная с длительной экспозицией в несколько часов, показывает ее звездную структуру (рис. 39).

Очевидно, для воображаемых жителей планет, движущихся вокруг многих звезд туманности Андромеды, наша Галактика выглядит примерно такой же, какой мы видим эту галактику с Земли. Поэтому фотография туманности Андромеды позволяет нам понять общий вид и структуру нашей звездной системы.

Спиральные галактики имеют самые разнообразные формы. У одних галактик звездные спирали выражены очень четко и резко отделены друг от друга. У других галактик звездные спирали размыты и имеют многочисленные ответвления. Есть и такие галактики, у которых спиральные ветви выражены очень слабо и едва просматриваются.

В силу различной ориентации в пространстве многие галактики повернуты к нам ребром и мы не видим их спиральной структуры и только по ряду признаков, в частности, по мощной полосе темной пылевой материи, расположенной вдоль ребра галактики, можем судить о наличии звездных спиралей.

Все спиральные галактики — сравнительно крупные звездные системы. Их действительные линейные размеры более или менее сходны с размерами нашей Галактики и измеряются десятками и сотнями тысяч световых лет.



Рис. 39. Галактика Андромеды

Кроме спиральных галактик, во Вселенной существуют эллиптические и неправильные звездные системы. Эллиптические галактики имеют видимую форму эллипса. В действительности же они представляют собой эллипсоиды, т. е. тела, похожие на шары, но сплюснутые вдоль оси вращения. Они также состоят

из десятков миллиардов звезд, и их линейные размеры тоже измеряются десятками тысяч световых лет.

Неправильные галактики, как показывает само название, не имеют правильной структуры, их очертания весьма разнообразны. Ближайшими к нам неправильными галактиками являются галактики, известные под названием Большого и Малого Магеллановых Облаков. Обе они расположены в южном полушарии неба и хорошо видны невооруженным глазом в виде туманных пятен диаметром примерно в 8° и 3° , но с территории СССР недоступны наблюдениям. Расстояние до них составляет около 200 000 световых лет, а линейные размеры соответственно близки к 28 000 и 10 000 световых лет. Согласно астроному Ж. Вокулеру в обоих Облаках можно проследить остатки некогда бывшей спиральной структуры.

Галактики обнаруживают тенденцию к скупиванию, т. е. к образованию кратных систем от двух-трех до целых скоплений галактик, состоящих из сотен звездных систем. За последние тридцать лет обнаружено много тесных галактик различной кратности, явно имеющих общее происхождение. Многие из них обозначаются символом ВВ (или VV) по первым буквам фамилии известного советского астронома проф. Б. А. Воронцова-Вельяминова, впервые подробно их изучившего вместе со своими сотрудниками и опубликовавшего в 1959 г. специальный атлас таких галактик.

К сожалению, в небольшой книжке нет возможности детально описывать эти интересные объекты. Интересующиеся ими могут найти подробности в превосходной книге Т. А. Агеяна «Звезды, галактики, Метагалактика» (М.: Наука, 1981). Здесь же мы отметим, что в настоящее время известно около 10 млрд звездных систем, заключенных в объеме пространства радиусом около 12 млрд световых лет, но только несколько из них доступно наблюдениям в небольшие телескопы и то в виде слабых туманных пятен. Список этих объектов приводится в главе пятой. Наблюдать их следует с увеличением до 40 раз,

ДВИЖУЩИЕСЯ СВЕТИЛА НОЧНОГО НЕБА

10. Планеты

Вокруг Солнца движется целая семья небесных тел — планеты, астероиды (малые планеты), кометы, метеорные рои; вся совокупность этих тел, включая и спутники планет, называется Солнечной системой.

В настоящее время науке известно девять планет, удаленных от Солнца в следующей последовательности: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Они образуют планетную систему, являющуюся частью Солнечной системы.

Размеры планетной системы, по нашим земным представлениям, огромны: ее диаметр около 12 млрд км, и последняя планета, Плутон, находится от Солнца приблизительно в 40 раз дальше, чем Земля, но отметим, что даже диаметр планетной системы ничтожно мал в сравнении с расстоянием до самой близкой к нам звезды α Центавра, которое превышает диаметр планетной системы почти в 3500 раз.

На нашей модели, где Земля изображена дробинкой в 1 мм, мы должны разместить дробинку — Плутон на расстоянии около 460 м от крокетного шара — Солнца.

Из-за огромных расстояний собственные движения звезд не заметны для глаза на протяжении многих тысячелетий, в то время как относительная близость планет позволяет наблюдать их движение на фоне звезд, на что обратили внимание еще в глубокой древности.

Все планеты представляют собой холодные, темные (т. е. не излучающие света) шары, сравнимые по своим размерам с Землей. Они видны нам потому, что их освещает Солнце, и чем планета дальше от Солнца, тем хуже она освещается и тем тусклее она

выглядит. Невооруженному глазу планеты представляются точечными объектами, похожими на звезды, но, в отличие от звезд, они не занимают постоянного взаимного расположения на небе, а изо дня в день перемещаются по небу, постепенно переходя из одного созвездия в другое; отсюда и произошло само название «планета», означающее по-гречески «блуждающее светило».

Далекие планеты Уран, Нептун и Плутон, скудно освещаемые Солнцем, доступны наблюдениям лишь в телескопы. Впрочем, планета Уран выглядит слабой звездочкой почти что шестой звездной величины и может быть замечена зорким невооруженным глазом, но отличить ее по виду от множества таких же слабых звезд нет никакой возможности. Диск Урана хорошо заметен уже в небольшой телескоп при увеличении в 100 раз, а чтобы увидеть диск Нептуна, требуется увеличение в 150 раз при телескопе с диаметром объектива не менее 80 мм, так как блеск Нептуна близок к восьмой звездной величине. Отыскивать обе эти планеты на небе нужно по данным астрономических календарей-ежегодников, используя для этого карты видимого пути планет и ориентируясь по звездам, вблизи которых находятся планеты.

Что касается Плутона, то не следует делать попыток разыскивать его на небе. Чтобы увидеть эту планету, блеск которой равен 15-й звездной величине, необходим телескоп с диаметром объектива не менее 30 см.

Все остальные, более близкие к Солнцу планеты сравнительно обильно освещаются солнечными лучами и хорошо видны невооруженным глазом (кроме, конечно, Земли) на фоне звездного неба. Поэтому уже древние народы знали пять планет — Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн.

В отличие от планет астероиды (малые планеты) имеют столь малые размеры, что у подавляющего их большинства невозможно различить диски даже в сильные телескопы. Освещенные Солнцем, они выглядят светящимися точками, наподобие звезд, за что и получили свое название астероидов, т. е., по-гречески, звездообразных объектов. Первый астероид — Церера, был открыт в телескоп 1 января 1801 г. итальянским астрономом Пиацци. Сейчас определены орбиты около 3500 астероидов,

Подавляющее большинство астероидов движется вокруг Солнца между орбитами Марса и Юпитера, образуя своеобразное кольцо, называемое поясом астероидов. Периоды обращения большинства астероидов заключены в пределах от 2,95 до 8,87 года, а их расстояния от Солнца превышают расстояние Земли от него в 2,06—4,29 раза. И только около 2 % астероидов обращается вокруг Солнца с периодами от 1,12 до 2,78 года, а некоторые из них при своем движении заходят внутрь орбиты Земли, Венеры и даже Меркурия. Но в октябре 1977 г. американским астрономом Ч. Коуэллом открыт астероид, обращающийся с периодом в 50,7 года вокруг Солнца между орбитами Сатурна и Урана. Его назвали Хироном, по имени кентавра Хирона, друга Геракла в древнегреческой мифологии. По-видимому, этот астероид не является исключением, и открытия малых планет в той же зоне будут продолжаться.

Колоссальная работа по открытию и изучению малых планет проводится в Советском Союзе, главным образом в Крымской астрофизической обсерватории и Институте теоретической астрономии Академии наук СССР, а также в Латвийском государственном университете. Достаточно отметить, что только за 1981—1984 гг. советскими астрономами открыто 220 новых астероидов. Вновь открытые астеронды получают порядковые номера и названия (имена) только после тщательной проверки открытий, на что уходит несколько лет наблюдений и их сопоставления с трудоемкими вычислениями. Первоочередным правом присвоения названий астероидам пользуются открывшие их астрономы. К чести советских астрономов они проявляют в выборе названий глубокий патриотизм. Так, астероид, значащийся под номером 852, назван Владиленой в честь великого ученого и революционера, основателя нашего советского государства Владимира Ильича Ленина. Пятнадцать астероидов носят имена пятнадцати союзных республик, входящих в состав СССР. Многим астероидам присвоены названия автономных республик (Абхазия, Башкирия, Бурятия, Татария, Чувашия и др.) и городов-героев (Киев, Ленинград, Москва, Одесса, Севастополь и др.).

Не забыта и великая победа советского народа над фашистскими захватчиками и изуверами; об этом

грандиозном историческом событии вечно будут напоминать имена астероидов Победа, Ветеранья и Сталинград. В честь героев Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. названы астероиды Жуков, Руднев, Олышания, Куников, Зоя, Ляля, Кузнецов. В названиях малых планет увековечены и многие другие имена славных героев нашей Родины.

Но не только именами героев военного времени названы астероиды. Не забыты заслуги прославленных государственных деятелей и космонавтов, выдающихся деятелей науки, культуры, литературы и искусства, чьи имена носят многие малые планеты. Здесь невозможно перечислить имена всех этих замечательных людей, и поэтому мы настоятельно рекомендуем читателям ознакомиться с двумя статьями известного советского астронома В. А. Шора, опубликованными в *Астрономических календарях-ежегодниках* на 1982 и на 1986 гг. (М.: Наука, 1981 и 1985) под одинаковым названием «Малые планеты: открытие, номер, имя». В этих статьях содержатся списки астероидов, названных в честь нашей великой советской Родины и выдающихся ее сынов и дочерей, с краткими сведениями о них.

Наблюдать астероиды инструментальными средствами любителей не представляет интереса, и поэтому мы вернемся к планетам, доступным таким наблюдениям.

Самая близкая к Солнцу планета Меркурий совершает один оборот вокруг Солнца за 88 суток и поэтому она быстро перемещается по небу: ее смещение уже заметно на протяжении одних суток. За быстрое движение планета была названа именем римского бога Меркурия, посланца-сорохода главного бога Юпитера. Следующая за Меркурием, очень яркая и изумительная по красоте своего блеска планета названа в честь богини красоты Венеры. Красноватого цвета планета получила название по имени римского бога войны Марса. Яркая и медленно перемещающаяся планета Юпитер получила имя главного бога римской мифологии; здесь, очевидно, была принята во внимание медленная, величественная поступь римских владык. Наконец, планета мертвенно-желтоватого цвета, подолгу передвигающаяся в пределах одного созвездия, была названа именем римского бога времени и земледелия Сатурна,

Последовательность названий планет именами богов древнеримской мифологии была нарушена с открытием в 1781 г. В. Гершелем планеты Уран, названной так в честь бога неба древнегреческой мифологии. Но обнаруженная в телескоп И. Галле новая планета (1846 г.), положение которой было предварительно вычислено У. Леверье, названа опять именем римского бога океанов Нептуна за свой зеленовато-голубоватый цвет, напоминающий цвет морской волны. Наконец, предвычисленная в 1905—1914 гг. П. Ловеллом и открытая К. Томбо по фотографиям неба в 1930 г. занептунная планета Плутон получила свое название по имени древнеримского бога земных недр (подземного царства), поскольку она очень скудно освещается Солнцем. Любопытно, что это имя для вновь открытой планеты предложено... 11-летней девочкой, дочерью одного английского профессора астрономии.

Яркие планеты, видимые невооруженным глазом, резко отличаются от звезд не только заметным перемещением по звездному небу, но и своим ровным, немерцающим светом, а Юпитер и Венера, кроме того, большим блеском, значительно превосходящим блеск ярких звезд.

Так как планеты движутся вокруг Солнца в плоскостях, наклоненных к плоскости земной орбиты под очень малыми углами, то их видимое движение происходит по тем же созвездиям, по которым перемещается Солнце, т. е. по зодиакальным созвездиям. В этих созвездиях и следует разыскивать планеты*).

Чтобы обнаружить видимое движение планет на фоне звездного неба, необходимо систематически следить за их положением относительно звезд. При наличии у наблюдателя угломерного инструмента (универсального инструмента или теодолита) следует более или менее регулярно измерять угловые расстояния планеты от выбранных в качестве ориентиров двух-трех звезд, отмечая при этом время с точностью до 10 минут. Если же наблюдатель угломерным инструментом не располагает, то он может провести подобные же наблюдения более простым способом. Для

*) Из-за большого наклона своей орбиты, равного 17° , Плутон может значительно удаляться от эклиптики. В настоящее время он перемещается по созвездию Весов, вблизи границы с созвездиями Девы и Змея.

этого следует изготовить деревянную рамку с внутренними размерами 21×14 см и на нее натянуть белые нити, расположив их на расстояниях в 3,5 см друг от друга. К нижней планке рамки прикрепить ручку для удобства использования рамки при наблюдениях, а к серединам боковых плашек — шнур такой длины, чтобы он, будучи накинутым на шею, фиксировал рамку на расстоянии 40 см от глаза наблюдателя (рис. 40). При таком положении рамки каждый ее квадрат ограничивает на небе площадь $5^\circ \times 5^\circ$.

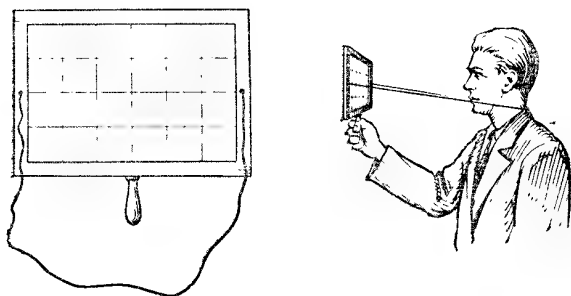


Рис. 40. Рамка для наблюдений положения планет

При наблюдениях рамка либо устанавливается на штативе, либо просто удерживается за ручку. Какой-либо крест нитей всегда наводится на одну и ту же звезду вблизи планеты, а положение последней отмечается по ее расположению относительно сетки нитей. Отмечая таким способом положения планеты на звездной карте (или, лучше, на копии с нее) на протяжении нескольких дней или недель, легко заметить перемещение планеты.

Условия видимости каждой планеты меняются и периодически повторяются через промежуток времени, называемый синодическим периодом обращения планеты. По прошествии этого периода взаимное расположение планеты и Солнца, наблюдаемое с Земли, повторяется. Это станет понятным, как только мы вспомним законы движения планет вокруг Солнца, эмпирически установленные в 1608—1618 гг. выдающимся немецким астрономом Иоганном Кеплером (1572—1630).

Согласно этим законам планеты движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам (небольшой вы-

тянутости) и поэтому расстояние каждой планеты от Солнца периодически изменяется в небольших пределах. Периодически меняется и скорость движения планеты: наибольшей скоростью планета обладает при прохождении точки орбиты, наиболее близкой к Солнцу и называемой перигелием, а наименьшей — при прохождении точки орбиты, наиболее удаленной от Солнца, называемой афелием. Перигелий и афелий лежат на большой оси эллиптической орбиты, в противоположных направлениях относительно Солнца. Половина большой оси орбиты, называемая большой полуосью, является средним расстоянием планеты от Солнца. Периоды обращения планет вокруг Солнца называются в астрономии звездными или сидерическими *) периодами обращения, так как по истечении их движущиеся за земной орбитой планеты, перемещаясь по небу, снова подходят к тем же звездам, вблизи которых они находились в начале сидерического периода.

Сидерические периоды обращения T планет связаны со средними расстояниями a планет от Солнца третьим законом Кеплера

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3},$$

где индекс «1» обозначает величины для одной, а индекс «2» — те же величины для другой планеты.

Этот закон может быть написан для планет Солнечной системы в таком виде:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} = \dots = C,$$

причем величина C одинакова для всех планет.

Третий закон Кеплера имеет большое значение. Во-первых, он связывает все планеты в единую систему и, во-вторых, позволяет по наблюдаемым периодам обращения T вычислять средние расстояния a планет от Солнца в относительных единицах. За такую единицу измерения расстояний в Солнечной системе принято среднее расстояние Земли от Солнца (т. е. большая полуось земной орбиты), называемое астрономической единицей (а. е.).

*) От латинского слова *sidus* — звезда.

Читателя, естественно, интересует вопрос: сколько километров содержит одна астрономическая единица и каким способом она измерена? Способов имеется несколько, но мы отметим только принципы наиболее современного, радиолокационного способа. Мощный радиолокатор посылает короткие импульсы радиоволн к планете Венере во время ее прохождения между Солнцем и Землей, т. е. в эпоху нижнего соединения планеты (см. с. 99). Отраженные от поверхности планеты радиосигналы возвращаются к Земле и регистрируются чувствительной радиоприемной аппаратурой. Моменты посылки и приема радиоимпульсов фиксируются с высокой точностью и тем самым определяется промежуток времени, в течение которого радиосигнал проходит удвоенное расстояние от Земли до Венеры. Разделив этот промежуток времени пополам и умножив на скорость распространения радиоволн в пустоте (она равна 299 792,5 км/с), легко найти расстояние в километрах между Землей и Венерой, а так как расстояния Венеры от Земли и Солнца, выраженные в астрономических единицах, хорошо известны из астрономических наблюдений, то нетрудно вычислить среднее расстояние Земли от Солнца в километрах, т. е. значение астрономической единицы.

Такие измерения проводились в 1961 и 1962 гг. в СССР группой академика В. А. Котельникова, в США Мюлеманом и в Англии Томсоном. Все они дали очень сходные результаты, на основании которых XII съезд Международного Астрономического союза (1964 г.) постановил принять значение $1 \text{ а. е.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$.

Усовершенствование радиолокационной техники привело в последующие годы к уточнению длины астрономической единицы, и в августе 1976 г. на XVI съезде того же Союза было принято новое значение $1 \text{ а. е.} = 149\,597\,870 \text{ км}$, но приближенная ее длина по-прежнему считается $1 \text{ а. е.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$.

Радиолокационный способ измерения расстояний был также успешно применен к планетам Меркурию, Марсу, Юпитеру и Сатурну, а также к Луне.

Теперь ознакомимся с условиями видимости планет. Очевидно, для Меркурия и Венеры, движущихся внутри орбиты Земли, условия видимости будут отличаться от условий видимости остальных планет. Первые две планеты часто называются нижними, так как

по отношению к Солнцу расположены «ниже» Земли, а остальные планеты, движущиеся за земной орбитой, — верхними.

Нижние планеты периодически проходят между Солнцем и Землей — с этого расположения планет, называемого нижним соединением, мы и начнем изучение условий их видимости. Очевидно (рис. 41), вблизи нижнего соединения в положении 1 планета недоступна наблюдению, поскольку находится над горизонтом днем недалеко от Солнца. Все планеты движутся вокруг Солнца в одну сторону, как и Земля, с запада к востоку (против часовой стрелки, если глядеть на южную сторону неба), но чем планета ближе к Солнцу, тем скорость ее движения больше. Через некоторый промежуток времени нижняя планета, имеющая большую скорость, чем Земля, отойдет к западу (вправо) от Солнца, будет ему предшествовать в суточном вращении неба и поэтому заходить за горизонт раньше Солнца, но зато и восходить раньше него, т. е. станет доступной наблюдениям в предутреннее время и часто на фоне утренней зари. Это западное удаление планеты от Солнца постепенно возрастает и, наконец, достигает наибольшего значения А (положение 2), при котором прямая, соединяющая Землю с планетой, становится касательной к орбите планеты. В наибольшем западном удалении планеты условия ее наблюдений наиболее благоприятны.

После наибольшего западного удаления видимое расстояние планеты от Солнца снова постепенно сокращается, условия ее утренней видимости ухудшаются и, наконец, в положении 3 планета снова становится невидимой — наступает ее верхнее соединение с Солнцем. Затем планета отходит к востоку (влево) от Солнца и теперь в суточном вращении следует уже

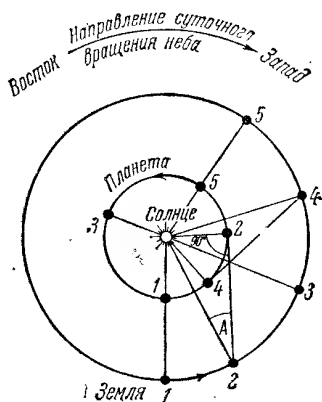


Рис. 41. Конфигурации нижних планет

за ним, а поэтому становится видимой по вечерам в западной области неба, после захода Солнца.

Восточное удаление достигает наибольшего значения в положении 4 (наилучшие условия для наблюдений), после чего снова уменьшается, и наступает очередное нижнее соединение (положение 5).

Из-за различной скорости движения планеты и Земли очередное нижнее соединение наступит уже не в прежних, а в других точках их орбит, т. е. период смены конфигураций планеты, называемый синодическим *) периодом обращения, отличается от ее сидерического периода. Синодический период обращения Меркурия равен 116 суткам, а Венеры — 584 суткам, в то время как их сидерические периоды равны соответственно 88 и 225 суткам. Через каждый синодический период обращения условия видимости планеты должны повторяться. Однако это бывает не всегда, так как из-за периодически изменяющегося склонения планет некоторые эпохи видимости бывают неблагоприятными.

Наиболее благоприятны для наблюдений планет эпохи их наибольших удалений от Солнца, но и здесь продолжительность утренних или вечерних наблюдений ограничена величиной удаления. Так, Меркурий в силу своей близости к Солнцу (его среднее расстояние от Солнца равно 0,387 а. е.) не может отойти от него более чем на 28° , и поэтому его очень трудно наблюдать: как правило, он виден на фоне утренней или вечерней зари в течение не более 1—1,5 часа до восхода и после захода Солнца и очень редко продолжительность его видимости достигает двух часов. Венера отстоит от Солнца дальше, чем Меркурий (ее среднее расстояние равно 0,723 а. е.) и поэтому ее наибольшие удаления достигают 48° , что увеличивает продолжительность утренней и вечерней видимости до четырех часов. Когда ранним утром, до восхода Солнца, на восточной стороне неба или вечером, на западной стороне неба видно блестящее, яркое светило, знайте, что это сияет планета Венера, тайны физической природы которой только-только начинают разгадываться благодаря успехам астрономии и космонавтики.

Теперь вернемся к верхним планетам, которые, находясь дальше от Солнца, чем Земля, движутся мед-

*) От греческого слова «синодос» — соединение.

леннее, чем она. Начнем рассмотрение условий видимости верхней планеты с конфигурации, называемой соединением, при которой планета расположена за Солнцем и недоступна наблюдениям (рис. 42, положение 1). Через некоторое время планета и Земля придут в положение 2, и планета, располагаясь западнее Солнца, предшествует ему в суточном вращении неба и поэтому становится видимой в восточной стороне небосвода утром, до восхода Солнца. Западное удаление планеты от Солнца постепенно возрастает, с каждым днем она восходит раньше, и условия ее видимости заметно улучшаются. В положении 3 планета расположена уже на 90° к западу от Солнца (западная квадратура), а это означает, что она восходит около полуночи и видна вплоть до рассвета. Постепенно удаление планеты от Солнца увеличивается и в положении 4 достигает 180° — наступает эпоха

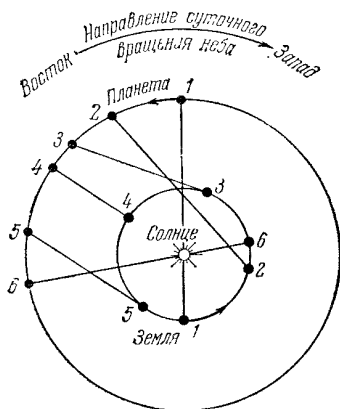


Рис. 42. Конфигурации верхних планет

противостояния планеты Солнцу, самая благоприятная для ее наблюдений. В эту эпоху планета восходит вечером при заходе Солнца, и заходит утром при его восходе, т. е. видна всю ночь, а кроме того, расстояние планеты от Земли сокращается до минимума, что позволяет сравнительно детально изучать диск планеты. В эпоху противостояния Земля обгоняет планету, поэтому с Земли кажется, что планета некоторое время перемещается назад, с востока на запад (попятное движение). После противостояния начинается восточное удаление планеты от Солнца, угловое расстояние между ними сокращается, и условия видимости планеты постепенно ухудшаются: она с каждым днем все раньше заходит за горизонт. В положении 5 снова наступает квадратура, но уже восточная: планета удалена на 90° к востоку от Солнца, во время его захода расположена в южной части неба и заходит около полуночи. Через некоторое время планета становится

видимой уже на фоне вечерней зари, а затем наступает ее очередное соединение с Солнцем (положение 6). Здесь, так же как и в случае нижних планет, одинаковые конфигурации (1 и 6) наступают в разных точках орбит планет, т. е. синодический период обращения планеты не равен ее сидерическому (действительному) периоду. У Марса сидерический период обращения $T = 687$ суток, а синодический период $S = 780$ суток, у Юпитера $T = 11,86$ года и $S = 399$ суток, а у Сатурна $T = 29,46$ года и $S = 378$ суток.

Подробные условия видимости всех планет публикуются в Астрономическом календаре-ежегоднике Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО), а менее подробные сведения о тех же условиях — в Школьном астрономическом календаре.

В настоящее время основным является не наблюдение движений планет, а изучение их дисков, на которых замечаются изменения. Скажем прямо, что наблюдения Меркурия и Венеры скромными любительскими средствами не могут дать каких-либо положительных результатов. Периоды видимости Меркурия очень кратковременны, да и виден он, как правило, на светлом фоне утренней или вечерней зари, что затрудняет изучение его поверхности, которая, вообще говоря, доступна наблюдениям, так как Меркурий практически лишен атмосферы. Но из-за сравнительно малых размеров планеты (диаметр Меркурия равен 4880 км) угловой диаметр ее диска тоже очень мал и в зависимости от ее расположения меняется в пределах от 5" до 12", а в эпохи наиболее благоприятных условий видимости не превышает 9". Вполне понятно, что в малые телескопы можно видеть только фазы Меркурия, аналогичные фазам Луны, но меняющиеся в обратной последовательности.

В зависимости от расположения Меркурия относительно Солнца и Земли его блеск в различные периоды видимости меняется в пределах от $-1,5$ до $+2,0$ звездной величины, и во втором случае его трудно отыскать на небе. Задача розыска планеты значительно облегчается при использовании астрономических календарей, в которых даются положения планет.

Радиолокационными наблюдениями и исследованиями с автоматической станции «Маринер-10» (1974 г.) установлено, что Меркурий вращается во-

круг оси подобно Земле, с запада к востоку, но не за 88 суток, как считалось ранее, а за 58,6 суток. Если этот период сопоставить с периодом обращения планеты вокруг Солнца (88 суток), то оказывается, что на Меркурии солнечные сутки (промежуток времени между двумя последовательными полуднями) длятся 176 земных суток.

В отличие от земной оси, отклоненной от перпендикуляра к плоскости земной орбиты на $23^{\circ}26'$, ось вращения Меркурия либо перпендикулярна к плоскости его орбиты, либо отклонена от перпендикуляра на небольшой угол, не превышающий 1° . Поэтому, в отличие от Земли, практически на всей поверхности Меркурия день и ночь длятся по 88 земных суток, т. е. по целому меркурианскому году: в течение одного года длится день, а на протяжении следующего года — ночь!

В экваториальном поясе планеты, где Солнце в полдень проходит в зените, температура поверхности достигает $+430^{\circ}\text{C}$, а на ночной стороне снижается до -180°C . По измерениям с Земли отражательной способности и теплопроводности поверхности Меркурия астрономы установили, что она весьма напоминает лунную поверхность. Так и оказалось в действительности. Американская автоматическая межпланетная станция «Маринер-10», запущенная 3 ноября 1973 г. в сторону Венеры и Меркурия, к концу марта 1974 г. приблизилась к Меркурию и сфотографировала его поверхность с различных расстояний, вплоть до минимального в 720 км, на котором станция прошла мимо планеты 30 марта 1974 г. Фотографии Меркурия показывают полное сходство его поверхности с поверхностью Луны (рис. 43). Она, как и лунная поверхность, покрыта многочисленными кратерами самых разнообразных размеров, длинными узкими долинами, разбросанными на больших расстояниях друг от друга горными хребтами. Но протяженных округлых низменностей, аналогичных лунным морям, кроме одной, диаметром 1300 км, названной Морем Жары (Калорис), на Меркурии не обнаружено, хотя небольшие по размерам низменности имеются. Крупным кратерам присвоены имена выдающихся деятелей гуманитарных наук, литературы и искусства. Так, наибольший кратер диаметром 625 км носит имя Бетховена. Именами корифеев мировой культуры названы кратеры

Толстой (диаметр 400 км), Достоевский (390 км), Шекспир (350 км), Гомер (320 км), Пушкин (200 км), Чехов (180 км), Чайковский (160 км), Рублев (125 км), Суриков (105 км), Репин (95 км) и др.

Масса Меркурия составляет всего лишь 0,055 массы Земли. Меркурий обладает очень слабым магнитным полем, в 200 раз слабее магнитного поля Земли. Спутников Меркурий не имеет.

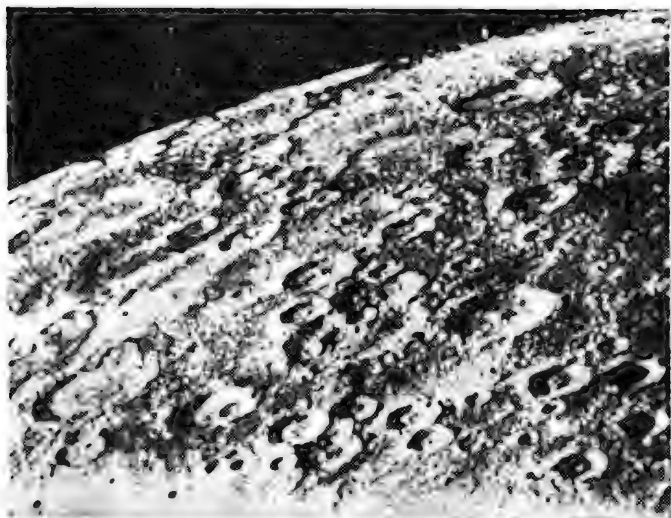


Рис. 43. Кратеры на поверхности Меркурия (фото «Маринера-10»)

Наблюдать Венеру гораздо интереснее, хотя бы потому, что вблизи эпох ее нижних соединений, когда она видна узким серпом, угловой диаметр ее достигает 1'. Разыскать планету на небе в эпохи ее видимости сравнительно легко. Как мы уже знаем, она бывает видна либо в предутренние часы в восточной области неба, либо по вечерам в западной части небосвода. Ее блеск всегда очень велик и изменяется в пределах от $-4,4$ до $-3,1$ звездной величины, т. е. из всех звездообразных объектов неба Венера — самое яркое светило.

Но наблюдателя ждет большое разочарование: Венера окружена мощной атмосферой, открытой еще 6 июня 1761 г. М. В. Ломоносовым, и в ней всегда

присутствует плотный облачный слой, скрывающий поверхность планеты.

В то же время радионаблюдениям облачность Венеры не мешает, что позволило получить ряд ее характеристик. По радионаблюдениям радиус Венеры оказался равным 6050 км. Радиометоды позволили установить, что ось вращения планеты почти перпендикулярна к плоскости ее орбиты и отклонена от перпендикуляра не более чем на 2° , а сама планета вращается вокруг оси с востока на запад (т. е. навстречу направлению вращения Земли) с периодом в 243 суток. Если этот период сопоставить с периодом обращения Венеры вокруг Солнца (225 суток) в прямом направлении, то продолжительность венерианских солнечных суток получается равной 117 земным суткам, а из-за очень малого наклона оси оба полушария планеты освещаются идентично, и почти на всей ее поверхности день и ночь

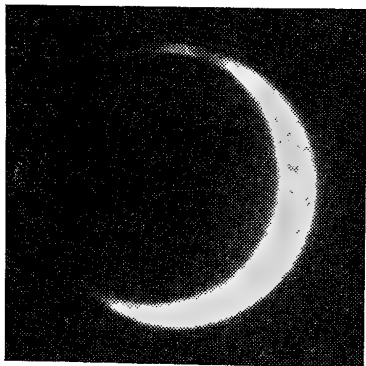


Рис. 44. Рога Венеры

длятся около 58 земных суток, за исключением полярных зон (2° вокруг полюсов), в центре которых, в районе полюсов, продолжительность дня и ночи достигает 112 земных суток. Смены сезонов года на Венере не бывает. Естественных спутников планета не имеет.

Плотная атмосфера, окружающая планету, приводит к очень интересному явлению, не наблюдаемому ни у Луны, ни у Меркурия: когда Венера имеет фазу узкого серпа, то рога серпа необычайно удлиняются (рис. 44) и их концы иногда даже смыкаются друг с другом. Это явление объясняется преломлением солнечного света в атмосфере Венеры.

Наиболее интересные данные о Венере получены в 1967—1983 гг. советскими автоматическими межпланетными станциями «Венера-4-16», причем станции «Венера-7 и 8» мягко опустились на самую поверх-

ность планеты, а от станций «Венера-9 и 10» отделились и опустились на планету посадочные блоки: сами же эти две станции стали 22 и 25 октября 1975 г. первыми в мире искусственными спутниками Венеры и подтвердили, что ее масса равна 0,815 массы Земли.

В декабре 1978 г. на поверхность Венеры опустились посадочные блоки (спускаемые аппараты) автоматических станций «Венера-11 и 12», которые, как и предыдущие станции, стали искусственными спутниками планеты. Такую же мягкую посадку на Венеру, на взаимном расстоянии около 1000 км, совершили 1 и 5 марта 1982 г. спускаемые аппараты межпланетных станций «Венера-13 и 14», а сами станции продолжают полет по орбитам вокруг Солнца с задачей исследования межпланетного пространства.

Очередными искусственными спутниками Венеры стали 10 октября и 14 октября 1983 г. аппараты «Венера-15» и «Венера-16».

Во время спуска станции измерили автоматически приборами температуру и давление на разных уровнях венерианской атмосферы, а также определили ее примерный химический состав. Выяснилось, что атмосфера Венеры на 96 % состоит из углекислого газа, в ней содержится около 3 % азота, не более 0,05 % водяных паров и ничтожная примесь кислорода.

Атмосфера Венеры с преобладающим в ней углекислым газом создает на планете парниковый эффект, состоящий в том, что обычные солнечные лучи проходят сквозь нее и нагревают поверхность планеты, но тепловое излучение поверхности, в том числе поступающее из недр планеты, не может выйти в окружающее пространство, так как оно почти не пропускается атмосферой. Окутанная своеобразным «теплым одеялом» из углекислой атмосферы и облаков поверхность планеты очень горяча и прилегающие к ней нижние слои атмосферы имеют высокую температуру, около $+470^{\circ}\text{C}$. Эта тяжелая атмосфера оказывает значительное давление на поверхность планеты, достигающее 95 атмосфер.

В атмосфере Венеры дуют постоянные ветры. У самой поверхности планеты скорость ветра незначительна (от 0,5 до 1,0 м/с), но с высотой она увеличивается. В середине июня 1985 г. с пролетевших вблизи Венеры двух советских космических станций

«Вега-1» и «Вега-2», направлявшихся к комете Галлея (см. ниже) в атмосферу планеты были сброшены аэростатные зонды. Оба зонда проводили исследования на протяжении двух земных суток и установили, что на высоте около 50 км над поверхностью планеты



Рис. 45. Фотография Венеры с расстояния в 726 тыс. км (фото «Маринера-10»)

скорость ветра достигает наибольшего значения — до 100 м/с.

Интересные сведения получены американской автоматической станцией «Маринер-10», пролетевшей в первых числах февраля 1974 г. вблизи Венеры и сблизившейся с нею 5 февраля до расстояния в 5740 км. На фотографиях планеты видны большие просветы в ее облаках и быстрое вращение облачного слоя вокруг ее оси, приводящее к появлению в нем концентрических зон (рис. 45).

Облачный слой расположен на высоте от 48 до 68 км над поверхностью планеты и представляет собой легкий туман, состоящий в основном из капелек серной кислоты.

Атмосфера Венеры вместе с облаками отражает около 75 % солнечного света и существенно ослабляет освещение поверхности планеты. Но, тем не менее, на дневной стороне Венеры так же светло, как на Земле в облачный день, что подтверждается прекрасными телевизионными изображениями поверхности планеты в местах посадки спускаемых аппаратов «Венеры-9 и 10» и «Венеры-13 и 14». Посадочный блок «Венеры-13» опустился в гористой местности высотой около 2 км, и на ней видны застывшие лавовые потоки и множество остроугольных камней различных размеров. Блок же «Венеры-14» опустился на равнинную местность с невысокими (около 0,5 км) холмами, где изобилуют крупные каменные плиты скальных пород, покрытые осыпями бурого песчаника (рис. 46). Оба посадочных блока провели химический анализ грунта поверхности Венеры и установили его сходство с земными породами.

Радиолокационное зондирование, проведенное астрономами с Земли и автоматическими искусственными спутниками Венеры, показало, что поверхность планеты значительно более сглажена, чем поверхность Земли. Около 90 % поверхности Венеры занимают равнины, а до 8 % — протяженные гористые районы, наибольший из которых раскинулся в длину на 15 000 км, а в ширину — до 5000 км. На поверхности планеты имеются горные плато и хребты, отдельные горы, вулканы, кратеры, впадины, долины, трещины и разломы. Высота большинства гор и горных плато над низинами не превышает 5—6 км, но в самой протяженной до 1100 км горной цепи, названной горами Максвелла, одна из вершин возвышается почти на 12 км. На склоне этой горы расположен вулканический кратер диаметром 95 км и глубиной до 2 км.

Число кратеров на поверхности Венеры несравненно меньше, чем на Меркурии, но их размеры так же велики, от 30 до 300 км в поперечнике. Холмистые равнины покрыты множеством разбросанных небольших конических и куполообразных выступов вулканического происхождения, часто с кратерами на их вер-

шинах. В экваториальной зоне планеты обнаружен гигантский каньон длиной до 1900 км, шириной до 200 км и двухкилометровой глубины. Водных бассей-

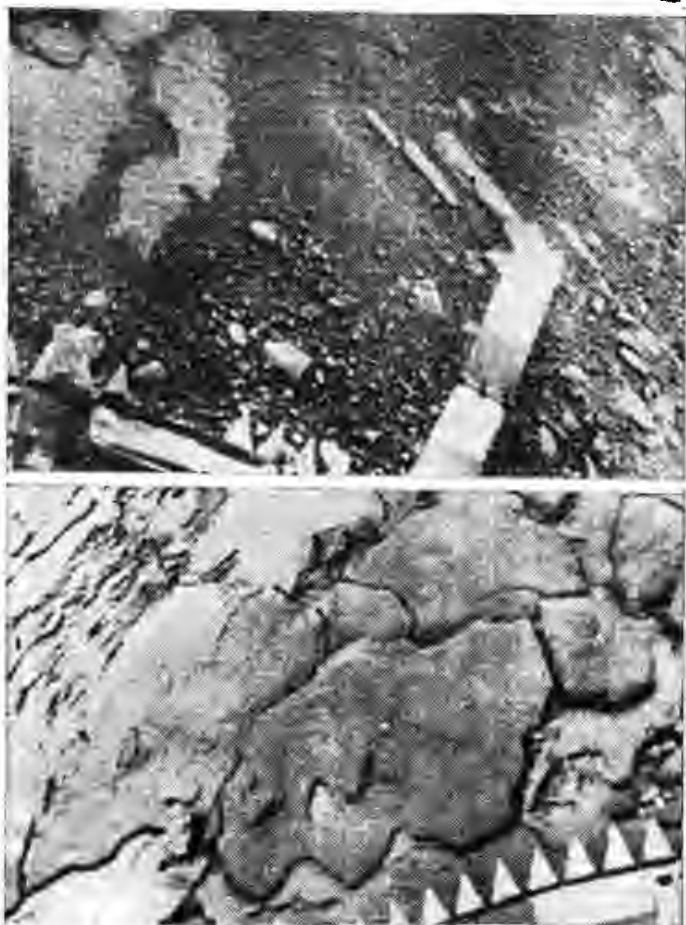


Рис. 46. Поверхность Венеры в местах посадки спускаемых аппаратов «Венера-13» (вверху) и «Венера-14» (внизу)

нов на Венере не имеется, отсутствует у нее и магнитное поле.

Принято образования на поверхности планеты присваивать (за редкими исключениями) женские

имена: крупным образованиям — имена богинь древних культур и мифологических персонажей, а остальным — имена женщин, внесших значительный вклад в развитие науки, культуры и искусства.

В телескоп хорошо видны фазы Венеры, но наблюдать можно только ее облачный покров. Зато любители астрономии могут проводить полезные наблюдения Марса, Юпитера и Сатурна. Эти планеты лучше всего наблюдать в эпохи их противостояний, когда они находятся ближе к Земле, чем при других конфигурациях. Но и во время противостояний условия видимости планет различны. Если противостояния происходят в созвездиях Тельца, Близнецов и Рака, которые хорошо видны зимой, то планеты вместе с ними высоко поднимаются и подолгу находятся над горизонтом. Если же противостояния наступают в летних зодиакальных созвездиях Скорпиона (Змееносца), Стрельца и Козерога, то суточный путь планет над горизонтом, как и у этих созвездий, сравнительно невысок, а короткие летние ночи значительно сокращают продолжительность видимости планет.

Блеск и расстояния Юпитера и Сатурна во время их противостояний в различные годы изменяются незначительно, так как эти планеты сравнительно далеки от Солнца: Юпитер — на среднем расстоянии $a = 5,203$ а. е., а Сатурн — на $a = 9,539$ а. е. У близкого же Марса ($a = 1,524$ а. е.), обращающегося вокруг Солнца по значительно вытянутой орбите, расстояние от Земли во время его противостояний может различаться почти в два раза — от 101,3 до 55,6 млн км, а блеск — в 10 раз от $-0,1^m$ до $-2,6^m$. Противостояния Марса при его расстоянии от Земли, не превышающем 60 млн км (около 0,40 а. е.), называются великими; они повторяются через 15 и 17 лет и наиболее благоприятны для наблюдений этой планеты.

Ближайшее великое противостояние Марса наступит 28 сентября 1988 г. на расстоянии около 59 млн км (0,396 а. е.) от Земли, и планету можно успешно наблюдать с августа по ноябрь 1988 г. среди слабых звезд созвездия Рыб.

Известно, что вращение Марса вокруг оси сходно с вращением Земли. Его сутки лишь на 40 минут продолжительнее земных, а наклон оси относительно перпендикуляра к плоскости его орбиты равен $24^\circ 56'$ (у Земли $23^\circ 26'$), так что на планете регулярно происхо-

дит смена времен года, но тепла от Солнца Марс получает примерно в 2,5 раза меньше, чем Земля. Масса планеты равна 0,107 массы Земли, а ее диаметр в два раза меньше земного и в эпохи великих противостояний виден под углом в 25", что позволяет сравнительно хорошо изучать поверхность планеты.

В каждой науке есть свои условности. Так и здесь, астрономы условились светлые, оранжевого цвета области поверхности планеты называть материками, обширные темные области — морями, их выступы — заливами, а отдельные небольшие пятна — озерами. При исключительно хороших атмосферных условиях наблюдений на поверхности планеты видна сеть тонких темных линий — «каналов», открытых в 1877 г. итальянским астрономом Дж. Скиапарелли. Однако они оказались оптической иллюзией.

Подробное фотографирование участков поверхности Марса с расстояний от 3400 до 1800 км провели летом 1969 г. американские станции «Маринер-6» и «Маринер-7». Первая станция фотографировала главным образом участки поверхности северного полушария планеты, в котором в то время была ранняя осень, а вторая — участки южного полушария, где была ранняя весна.

14 ноября 1971 г. американская автоматическая станция «Маринер-9», 27 ноября, 2 декабря 1971 г. и 12 февраля 1974 г. советские автоматические станции «Марс-2», «Марс-3» и «Марс-5» стали искусственными спутниками Марса*), а 20 июля и 4 сентября 1976 г. на поверхность планеты последовательно опустились посадочные блоки американских станций «Викинг-1» и «Викинг-2», оставшихся на орбитах искусственных спутников Марса. Были получены прекрасные фотографии поверхности Марса, а также специальной аппаратурой проведены исследования температуры планеты, ее атмосферы и магнитного поля.

Ни на одном фотоснимке каналов не обнаружено, зато четко видны глубокие ущелья, овраги, остатки русел прежних рек, разломы в коре, горные хребты, цени и пики высотой до 15 км, складки, валы, долины, песчаные дюны и множество кратеров размерами от

*) Автоматические станции «Марс-4» и «Марс-7» выполнили поставленные задачи с пролетных траекторий (февраль — март 1974 г.).

100 м до 200 км в диаметре (рис. 47). То, что с Земли считалось «большим каналом Агатодемон», оказалось длинным горным хребтом протяженностью около 1200 км и шириной примерно в 150 км, изрезанным кратерами и ущельями. Крупным кратерам присвоены имена выдающихся ученых, главным образом астрономов, физиков и геофизиков.

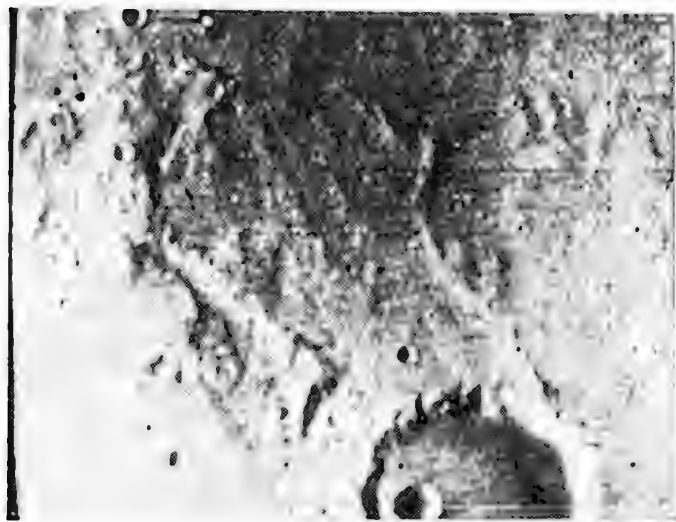


Рис. 47. Кратеры и горные хребты на поверхности Марса

На планете имеются конусообразные вулканические горы с жерлами на вершинах и с застывшими потоками базальтовой лавы по склонам. Четыре наиболее высоких вулкана, один из которых назван Олимпом, возвышаются над равниной на 20—21 км и являются высочайшими горами в Солнечной системе. Поперечники оснований этих вулканов — от 500 до 600 км, а диаметр кратеров на их вершинах — от 60 до 100 км.

Очевидно, в прошлом Марс был активной планетой, что подтверждается разломами в коре, остатками русел прежних рек и обилием базальтовых глыб и камней в районах посадки блоков обоих «Викингов», разделенных расстоянием в 7300 км. Имеются на

Марсе и обширные песчаные пустыни, покрытые дюнами и множеством камней различных размеров (рис. 48).

Таким образом, поверхность Марса имеет разнообразный рельеф, как, скажем, Земля, что вполне реально для естественного небесного тела.

Исследования, проведенные «Маринерами», «Марсами» и «Викингами», подтвердили крайнюю разреженность марсианской атмосферы. Атмосферное давление у поверхности планеты не превышает 0,007 атмосферы или 5 мм ртутного столба. Атмосфера Марса



Рис. 48. Песчаная пустыня с дюнами на поверхности Марса (фото «Викинга-1»)

на 95 % состоит из углекислого газа и содержит около 2,5 % азота, 1,5 % аргона и примерно 0,2 % кислорода. Водяные пары присутствуют в атмосфере Марса в незначительном количестве, но заметное различие их содержания над разными участками поверхности планеты заставляет думать о возможности поступления их из ее грунта. Станция «Викинг-2» зарегистрировала плотный туман в горных долинах и облака, окутывающие вершины гор. Судя по всему, облака состоят из мелких ледяных кристалликов.

Присутствие водяных паров в атмосфере Марса подтверждается существованием белых полярных шапок, расположенных вокруг полюсов планеты. В зимнее время полярные шапки покрывают большое пространство, до 40° от полюса. Но в летнее время северная полярная шапка совершенно исчезает, а южная уменьшается до предела и выглядит маленьким белым пятнышком. Обе шапки состоят из водяного льда

с примесями затвердевшего углекислого газа, температура замерзания которого в марсианских условиях близка к -80°C , в то время как в районах полюсов планеты в зимнее время температура понижается до -125°C . В экваториальной же зоне планеты температура днем может повышаться до $+25^{\circ}\text{C}$, а под утро падает до -90°C . Такие колебания температуры будут вполне понятными, если вспомнить о крайне разреженной атмосфере планеты, плохо сохраняющей получаемое от Солнца тепло.

У Марса обнаружено магнитное поле, но оно в 500 раз слабее магнитного поля Земли.

Много интересного мы теперь знаем о Марсе, но в небольшой книжке невозможно обо всем рассказать. Посоветуем читателям самим провести систематические наблюдения Марса. Они будут наиболее полными и содержательными при использовании цветных стекол — светофильтров.

Не следует пытаться фотографировать планету, так как на снимках, полученных с небольшими телескопами, невозможно различить детали ее диска. Значительно рациональнее визуальные наблюдения, сводящиеся к зарисовкам видимых деталей поверхности планеты. На листе бумаги заранее проводится окружность диаметром в 5 см и при наблюдениях на нее наносятся детали, видимые на планете. Сначала следует нанести общие контуры деталей, а затем уже их конкретизировать.

При всех наблюдениях необходимо записывать дату, время (с точностью до 1 минуты), состояние неба, наличие Луны, фирму и диаметр объектива телескопа, применяемое увеличение и марки светофильтров.

При наблюдениях без светофильтра необходимо отмечать цвет деталей словами либо по следующей шкале: —5 — интенсивно-синий; —4 — светло-синий; —3 — сине-зеленый; —2 — интенсивно-зеленый; —1 — светло-зеленый; 0 — белый; +1 — светло-желтый; +2 — интенсивно-желтый; +3 — темно-желтый; +4 — оранжевый; +5 — красный.

Более ценными являются наблюдения Марса сквозь светофильтры, которые значительно повышают контрастность деталей в зависимости от их цвета. Желательно использовать красный, желтый, зеленый и синий светофильтры, причем наблюдения проводятся поочередно с каждым из них. При таких наблюдениях

не требуется оценки цвета деталей, но зато необходима оценка их интенсивности по шкале, в которой интенсивность материков вблизи центра диска планеты оценивается баллом 2, а темный фон ночного неба — баллом 10.

Подробности методов наблюдений планет и их обработки изложены в книге В. А. Бронштэна «Планеты и их наблюдение» (М.: Наука, 1979). Пронаблюдав Марс на протяжении нескольких месяцев, читатель сам убедится в изменениях, происходящих на его поверхности.

Марс имеет два естественных спутника, Фобос и Деймос*), открытых американским астрономом А. Холлом в 1877 г., но они видны лишь в сильные телескопы. «Маринер-9» впервые сфотографировал оба естественных спутника планеты, оказавшихся бесформенными каменными глыбами размерами $27 \times 21 \times 19$ км (Фобос) и $15 \times 12 \times 8$ км (Деймос). Поверхность обоих спутников испещрена кратерами диаметрами от 500 м до 10 км, являющимися результатом метеоритных ударов (рис. 49).

Весьма интересна для наблюдений планета Юпитер — самая большая по размерам и самая массивная планета Солнечной системы (рис. 50). Ее легко найти на небе по слегка желтоватому цвету и значительному блеску, меняющемуся (в зависимости от конфигурации планеты) в пределах от $-2,5$ до $-1,2$ звездной величины.

Из-за быстрого вращения вокруг оси Юпитер имеет заметное сжатие: его экваториальный диаметр в 11,2 раза, а полярный только в 10,5 раза больше земного. Планета окружена протяженной атмосферой, состоящей на 87 % из молекулярного водорода и на 13 % из гелия с примесями аммиака и метана. В ней с Земли видно множество деталей — полос и пятен, меняющих свои очертания и расположение на диске планеты. Наиболее интенсивными являются две широкие полосы, вытянутые вдоль экватора и поэтому названные экваториальными. Масса планеты в 318 раз превышает массу Земли.

Период вращения экваториальной зоны планеты равен $9^{\text{ч}}50,5^{\text{м}}$, в то время как ее умеренные зоны

*) В греческой мифологии Фобос (Страх) и Деймос (Ужас) — спутники бога войны Ареса (в римской мифологии — Марса).



Рис. 49. Фотография Фобоса (фото «Маринера-9»)

вращаются с периодом $9^{\text{ч}}55,7^{\text{м}}$. Оптиче-ским наблюдением доступна только облачная оболочка и атмосфера планеты, имеющая температуру около -130°C . Согласно новейшим исследованиям у Юпитера нет твердой поверхности, и физическое состояние его внешних

слоев — газообразное, средних слоев — жидкое, а недра планеты, состоящие в основном из водорода и гелия, находятся в очень плотном состоянии, названном металлической фазой. Температура глубоких недр планеты близка к 30 тыс. кельвинов, и Юпитер излучает тепла в 2,7 раза больше, чем получает его от Солнца. Масса планеты в 318 раз превышает массу Земли.



Рис. 50. Планета Юпитер

На планете хорошо выделяется большое устойчивое образование овальной формы, известное под названием Красного пятна, представляющее собой гигантский вихрь в атмосфере планеты, по размерам вдвое превышающий Землю. Его интенсивность постоянно меняется и поэтому заслуживает тщательного изучения.

В 1955 г. обнаружено радионизлучение Юпитера, значительно превышающее радионизлучение других небесных объектов, кроме Солнца. Оказалось, что вокруг планеты существует протяженный радиационный пояс, т. е. широкое кольцо, состоящее из элементарных электрически заряженных частиц, удерживаемых магнитным полем планеты (аналогичный пояс имеет и Земля).

Наличие сильного магнитного поля планеты и мощного радиационного пояса вокруг нее было подтверждено непосредственными измерениями амери-

канскими автоматическими станциями «Пионер-10» и «Пионер-11», обогнувшими Юпитер поочередно в декабре 1973 и 1974 гг., и сравнительно подробно изучено станциями «Вояджер-1» (март 1979 г.) и «Вояджер-2» (июль 1979 г.). Станция «Вояджер-1», пролетевшая вблизи Юпитера на расстоянии около 300 тыс. км, обнаружила окружающее планету кольцо с внешним диаметром в 252 тыс. км и толщиной всего лишь около одного километра. Оно состоит из твердых частиц и из-за малой толщины с Земли не видно. Наличие у Юпитера кольца было предсказано еще в 1960 г. советским астрономом профессором С. К. Всехсвятским (1905—1984).

Наблюдения Юпитера сводятся к зарисовке деталей его поверхности и оценке их интенсивности, только здесь за нулевую интенсивность следует принимать светлую экваториальную зону вблизи центра диска планеты. Темный фон неба оценивается по-прежнему баллом 10. Зарисовки деталей при одном наблюдении следует проводить не более 15 минут по времени, так как за больший промежуток будет заметно смещение деталей из-за быстрого вращения планеты.

Учитывая сильное сжатие Юпитера, заметное на глаз, нужно изготовить из любого плотного материала шаблон в виде овала с большим диаметром, равным 50 мм, и малым диаметром 47 мм. По этому шаблону изображается на бумаге диск Юпитера и на него наносятся наблюдаемые детали. Обработка наблюдений описана в упоминавшейся книге В. А. Бронштэна.

Вокруг Юпитера движутся 16 спутников, из которых четыре наиболее крупных и ярких хорошо видны в сильные бинокли и небольшие телескопы и были открыты Г. Галилеем (1564—1642) в 1610 г. Спутники получили названия: I — Ио, II — Европа, III — Ганимед, IV — Каллисто. Они шарообразны, и по своим размерам Ганимед больше Меркурия, Каллисто близок к нему, а Ио и Европа примерно того же размера, что Луна. Они движутся почти в плоскости экватора планеты и в различные моменты времени занимают относительно нее разные положения, называемые конфигурациями, сведения о которых публикуются в Астрономическом Календаре ВАГО. Телевизионные снимки, полученные «Вояджером-1» вблизи спутников Юпитера, показали, что на Ио действуют вулканы, выбрасывающие фонтаны вещества на высоту до

200 км, а поверхность Европы испещрена множеством протяженных трещин. С Земли ни вулканы, ни трещины не видны.

Спутники регулярно проходят перед и за планетой и попадают в ее тень. Наблюдения этих явлений следует проводить всегда в один и тот же инструмент с постоянным увеличением, численно равным примерно удвоенному диаметру объектива телескопа, выраженному в миллиметрах. Сами наблюдения сводятся к регистрации моментов начала и конца перечисленных выше явлений, которые отмечаются по выверенным часам с точностью до ± 10 секунд. Необходимо при этом указывать систему счета времени.

Последней планетой, доступной наблюдениям в небольшие телескопы, является Сатурн, интересный тем, что он окружен кольцом, хорошо видимым с Земли даже в небольшие телескопы. Оно открыто в 1658 г. голландским астрономом Х. Гюйгенсом.

Блеск Сатурна всегда близок к $+1$ звездной величине, хотя иногда увеличивается до $+0,1$ звездной величины, но опять-таки не превышает блеска ярких звезд. Поэтому для розыска планеты на небе нужно хорошо знать яркие звезды зоднакальных созвездий.

Сатурн по своей природе сходен с Юпитером и так же, как и он, вращается зонально: период вращения экватора составляет $10^h 14^m$, а в направлении к полюсам планеты период увеличивается. Быстрое вращение привело к сильному сжатию планеты, даже несколько большему, чем у Юпитера. Масса Сатурна больше массы Земли в 95 раз, а диаметр — в 9,6 раза.

На поверхности Сатурна (рис. 51) имеются темные полосы и другие детали, но их интенсивность сравнительно мала, так что начинающий наблюдатель не сразу может их заметить. В атмосфере Сатурна обнаружены водород и гелий, но не найдено аммиака. Температура видимой поверхности планеты очень низка, около -170°C .

Кольцо Сатурна имеет правильную геометрическую форму, и наблюдения в небольшие телескопы показывают, что оно состоит из трех колец*), лежащих в плоскости экватора планеты. Ближайшее к поверхности планеты кольцо, называемое креповым или

*) Еще три кольца, самое внутреннее и самые внешние, необычайно разрежены и обнаруживаются лишь специальными наблюдениями.

темным, имеет внутренний радиус 72 000 км (1,20 экв. радиуса планеты), а внешний радиус — 89 000 км (1,48 экв. радиуса планеты). Это кольцо заметно только в телескопы с объективом не менее 150 мм в диаметре и то при хороших атмосферных условиях.

Среднее кольцо — наиболее яркое. Его ширина составляет 26 000 км, а внешний радиус — 116 000 км или 1,93 экв. радиуса планеты. От внешнего кольца оно отделено темным промежутком шириной в 4000 км, называемым щелью Кассини или кассиниевым просветом, по имени французского астронома Д. Кассини,

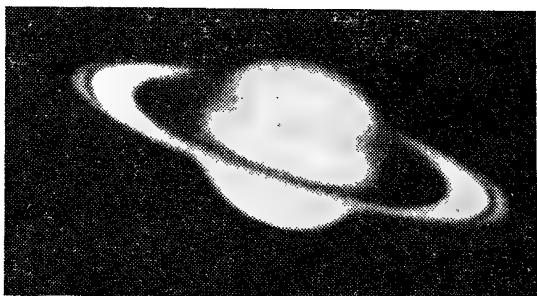


Рис. 51. Планета Сатурн

открывшего его в 1675 г. Внешнее кольцо имеет ширину 18 000 км и внешний радиус 138 000 км, или 2,3 экваториального радиуса Сатурна, превышающего земной радиус в 9,6 раза.

Известный русский астрофизик А. А. Белопольский в 1895 г. из наблюдений установил, что кольца Сатурна не сплошные, а состоят из колоссального множества мелких тел, обращающихся вокруг планеты в соответствии с законами Кеплера. Так, внешние части крепового кольца обращаются с периодом в 7,7 часа, а внешние области внешнего кольца — с периодом около 14 часов. Исследования советского астрофизика М. С. Боброва показали, что частицы колец имеют различные размеры: от пылинок до нескольких метров в поперечнике. Эти результаты были подтверждены исследованиями, проведенными в ноябре 1980 г. автоматической станцией «Вояджер-1», обнаружившей тонкую структуру колец; их оказалось

свыше ста, и они разделены тонкими промежутками, не видимыми с Земли (рис. 52).

Несмотря на значительный диаметр, толщина колец очень мала и не превышает 2 км. Поэтому в те годы, когда кольца повернуты к Земле ребром, они «исчезают», т. е. попросту не видны, и только узкая

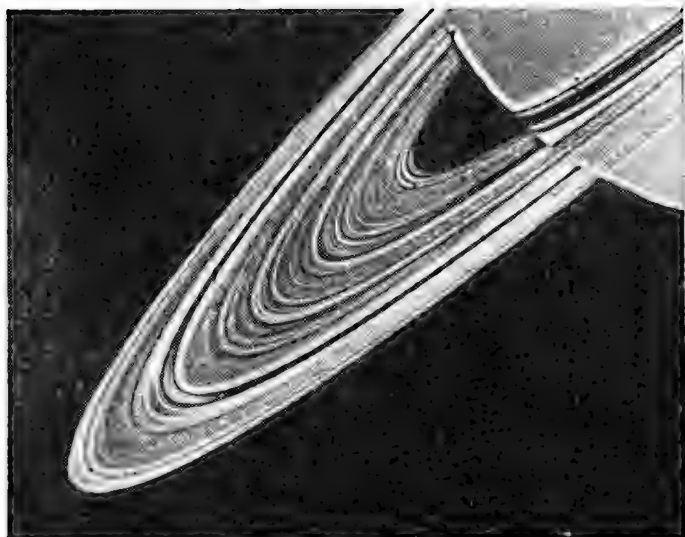


Рис. 52. Тонкая структура колец Сатурна (фото «Вояджера-1»)

тень от них заметна на диске планеты. Такое «исчезновение» колец Сатурна было в конце 1979 г. — начале 1980 г., а очередное произойдет в 1994 г.

Наблюдения Сатурна аналогичны наблюдениям Юпитера, но в небольшие телескопы не представляют научного интереса. Гораздо полезнее систематически следить за изменениями яркости колец планеты, особенно их краевых частей («ушек»). Следует оценивать интенсивность ушек, сравнивая ее с наиболее яркой областью в центре диска планеты и темным фоном неба.

Вокруг Сатурна движутся 17 спутников. Наиболее яркий спутник, Титан (шестой по номеру и четырнадцатый по расстоянию от планеты), имеет блеск около 8-й звездной величины и доступен наблюдениям

В телескоп с объективом не менее 60 мм в диаметре. Этот спутник по своим линейным размерам превышает Луну в 1,7 раза и окружен атмосферой, состоящей на 99 % из азота, с примесями метана, водорода и кислорода.

В заключение отметим, что наблюдать планеты в телескоп следует далеко не всегда с наибольшим увеличением, допустимым телескопом, так как неспокойное состояние и низкая прозрачность земной атмосферы могут дать размытое изображение деталей поверхности планет. Поэтому следует всегда применять такое увеличение, при котором детали планетных дисков видны четко, и зачастую бывает так, что наблюдения с малым увеличением позволяют видеть значительно больше деталей, чем при сильном увеличении.

11. Луна

Самое близкое к Земле естественное небесное тело, ее спутник Луна обращается вокруг Земли по эллиптической орбите с сидерическим периодом в 27,32 суток. Законы Кеплера справедливы не только для планет, но и вообще для всех тел, естественных или искусственных, обращающихся вокруг своих центральных, более массивных небесных тел. Для Луны центральным телом является Земля, расположенная в одном из фокусов эллиптической лунной орбиты.

Среднее расстояние Луны от Земли (т. е. большая полуось лунной орбиты) составляет 384 400 км, но вследствие значительной вытянутости лунной орбиты истинное расстояние Луны меняется в пределах от 356 410 до 406 740 км. Самая близкая к Земле точка лунной орбиты называется перигеем, а наиболее далекая от Земли — апогеем лунной орбиты.

Если разделить весь угловой путь Луны в 360° на период ее обращения в 27,32 суток, то легко найти суточное смещение Луны на звездном небе; оно составляет немногим более 13° , или около $0,5^\circ$ за 1 час. Так как видимый угловой диаметр лунного диска равен примерно $0,5^\circ$, то даже часовое смещение Луны хорошо обнаруживается невооруженным глазом. Достаточно заметить положение Луны на небе относительно какой-либо звезды и через час снова взглянуть на

небо, как станет совершенно ясным, что Луна перемещается по небу в направлении с запада к востоку (против часовой стрелки), т. е. навстречу суточному вращению небесного свода. В следующий вечер в те же часы суток Луна будет находиться значительно восточнее, чем накануне, и, естественно, взойдет над горизонтом позже, чем в предыдущий вечер, в среднем

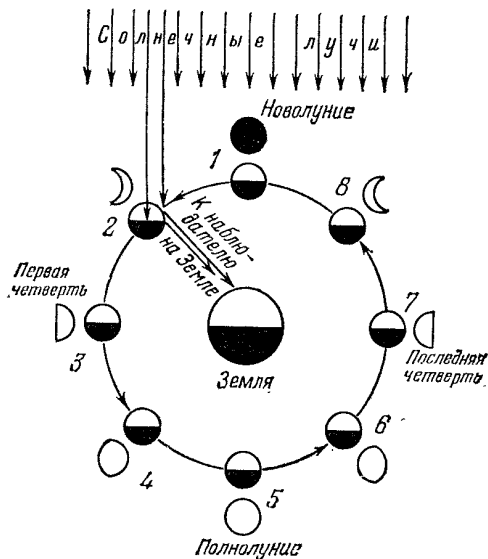


Рис. 53. Смена лунных фаз

на 50 минут. Точно так же смещаются моменты кульминаций и захода Луны.

Если бы Луна подобно Солнцу была самосвещающимся телом, то она всегда имела бы вид светлого диска. Но Луна — темный, холодный шар, и с Земли видна только та часть лунной поверхности, которая освещена Солнцем и обращена к Земле. Вследствие этого вид Луны на небе меняется, происходит смена лунных фаз (рис. 53).

Солнце в 390 раз дальше от Земли, чем Луна, и можно считать, что Луна освещается параллельным пучком солнечных лучей. При прохождении Луны между Землей и Солнцем (соединение Луны с Солнцем) к Земле обращено неосвещенное, темное лунное полушарие, и ночью Луна не видна, так как вместе с

Солнцем заходит под горизонт; наступит фаза, называемая новолунием. Казалось бы, во время новолуния Луна должна заслонить Солнце, т. е. должно произойти солнечное затмение. Однако это происходит далеко не всегда, так как лунная орбита наклонена к плоскости земной орбиты на угол в 5° , и поэтому в новолунии Луна проходит на небе либо несколько выше, либо несколько ниже Солнца. Но минимум два раза в году Луна ненадолго частично или полностью закрывает солнечный диск и тогда происходят частные или полные затмения Солнца.

После новолуния Луна отходит к востоку от Солнца и через двое суток с Земли становится видимой часть освещенной лунной поверхности в форме узкого серпа, выпуклость которого при наблюдении в северном полушарии обращена вправо, к западу, где в это время находится Солнце, освещающее Луну. Когда Солнце заходит под горизонт и наступает темное время суток, лунный серп виден в западной области неба, невысоко над горизонтом; через 2—3 часа он тоже заходит.

Часто при серповидной фазе Луны видно очень слабо освещенное все лунное полушарие, обращенное к Земле. Создается впечатление, что в яркий лунный серп вложено темное полушарие Луны, имеющее меньший диаметр, чем яркий серп. Это явление получило название пепельного света и объясняется тем, что лунный серп освещается непосредственно солнечными лучами, а остальная лунная поверхность освещается солнечным светом, отраженным от Земли, и поэтому ее освещенность значительно слабее освещенности лунного серпа. Что касается видимого различия в диаметрах лунного диска и лунного серпа, то это явление чисто кажущееся, психофизиологическое, и называется иррадиацией; оно связано с особенностями наших глаз: яркий предмет воспринимается нами несколько больших размеров, чем темный.

С каждым днем, по мере смещения Луны к востоку от Солнца, видимая с Земли освещенная часть лунной поверхности увеличивается, фаза Луны постепенно растет. Через семь дней после новолуния Луна отойдет уже на 90° к востоку от Солнца (восточная квадратура) и с Земли будет видна правая (западная) половина лунного полушария — фаза первой четверти. Когда же, через 14,5 суток после новолуния,

Луна отойдет на 180° от Солнца (противостояние Луны и Солнца), обращенное к Земле лунное полушарие будет полностью освещено солнечными лучами, и с Земли будет виден полный лунный диск; эта фаза называется полнолунием. Во время полнолуния Луна восходит при заходе Солнца, а заходит при его восходе, т. е. видна всю ночь.

После полнолуния Луна приближается к Солнцу справа, с запада, и поэтому освещается уже левая половина лунного полушария. Постепенно фаза Луны уменьшается, начинается ущерб Луны, но выпуклость ее освещенной части обращена теперь к востоку, т. е.

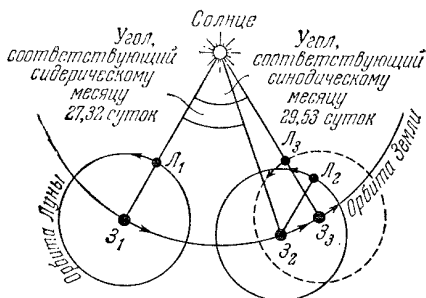


Рис. 54. Сидерический и синодический месяцы

опять-таки в сторону Солнца. Когда угловое расстояние между Луной и Солнцем сократится до 90° (Луна на 90° к западу от Солнца; западная квадратура), то снова будет видна половина лунного полушария, но уже левая (восточная); эта лунная фаза называется последней или третьей четвертью. После фазы третьей четверти Луна опять принимает вид серпа выпуклостью к востоку и видна по утрам в восточной области неба, перед восходом Солнца, а затем снова наступает новолуние.

Из наблюдений легко убедиться в том, что лунные фазы меняются с периодом в 29,53 суток, называемым синодическим месяцем. Как видно, этот период больше сидерического месяца на 2,21 суток. Причиной такого расхождения является движение Земли вокруг Солнца в том же направлении, в каком движется Луна вокруг Земли. Пусть в некоторый момент времени наступило новолуние и Луна находится в положении L_1 (рис. 54), а Земля — в положении Z_1 . По прошествии

звездного, или сидерического, месяца (27,32 суток) Земля сместится по своей орбите примерно на 27° и придет в точку Z_2 , а Луна совершит полный оборот вокруг Земли и займет положение L_2 . Но в этот момент новолуния не будет, так как Луна не находится между Солнцем и Землей. Чтобы наступило новолуние (т. е. чтобы прошел синодический месяц), Луна должна прийти в положение L_3 , а для этого ей нужно еще 2,21 суток, т. е. синодический месяц оказывается равным $27,32 + 2,21 = 29,53$ суток.

Наблюдения лунной поверхности очень интересны даже в небольшие телескопы. Они знакомят наблюдателей с рельефом лунной поверхности, с многочисленными ее образованиями и деталями: морями, кратерами, горами, горными хребтами, куполами и горными пиками. Но следует помнить, что Луна не имеет ни атмосферы, ни воды, и лунные моря — это безводные низины, впадины на лунной поверхности.

В поле зрения телескопа, дающего перевернутое изображение, слева виден западный край Луны, справа — восточный край, вверху южные, и внизу — северные области обращенного к Земле лунного полушария.

При исследованиях Луны космическими аппаратами ее правый край считается восточным, так как именно с него начинается восход Солнца на видимом полушарии Луны, а левый край считается западным, что теперь входит в практику астрономических наблюдений и часто отмечается на картах лунных полушарий, ориентировка которых в этом случае полностью совпадает с ориентировкой карт земных полушарий: север — вверху, юг — внизу, запад — слева и восток — справа.

Начинать изучение лунной поверхности следует вскоре после новолуния, при небольших лунных фазах, когда на Луне отчетливо видны тени кратеров, пиков и горных хребтов. Вблизи западного края Луны четко выделяется Море Кризисов*), имеющее овальную форму, а выше (южнее) него — Море Изобилия**), в северо-западную (по старой ориентировке) часть которого 20 сентября 1970 г. опустилась советская автоматическая станция «Луна-16». В тот же

*) Называется также Морем Опасностей.

**) Второе название — Море Плодородия.

день автоматический заборник этой станции взял с глубины 35 см пробу лунного грунта, а отделившийся 21 сентября 1970 г. от станции автоматический аппарат доставил образцы грунта на Землю (24 сентября 1970 г.). Грунт оказался рыхлого строения, по внешнему виду напоминающий темный шлак или земной чернозем (но, конечно, без перегноя) и содержит те же химические элементы, что и земные породы: кремний, калий, магний, кальций, железо и др.

Правее (восточнее) Моря Кризисов расположено Море Спокойствия, в юго-восточную часть которого 21 июля 1969 г. прилунилась лунная кабина «Игл» («Орел»), отделившаяся от американского космического корабля «Аполлон-11» и доставившая на Луну первых землян — Н. Армстронга и Э.Олдрина (третий космонавт, М. Коллинз, остался в командном отсеке корабля на окололунной орбите). Из больших кратеров хорошо видны Клеомед (183*), ниже Моря Кризисов), Лангрен (100, у юго-западного края Моря Изобилия), а над ним — Венделин (99), Петавий (80) и Фурнерий (52). Все эти кратеры, как и Море Кризисов, имеют овальную форму вследствие перспективы из-за выпуклой поверхности Луны; в действительности же их форма близка к круговой, что хорошо заметно по кратерам, расположенным в центральных областях лунного диска.

Правее и выше Моря Изобилия находится Море Нектара, ограниченное с запада горным хребтом Пиренеями, с юго-востока — горным хребтом Алтаем, и с востока — цепочкой из трех больших кратеров — Катарина (95), Кирилл (96) и Теофил (97).

До 1974 г. в описаниях лунной поверхности употреблялись термины «цирки», «кратеры», «кратерочки или поры». Цирками назывались гладкие участки поверхности, окруженные кольцевыми валами, внутренние откосы которых значительно круче внешних. Кратерочками или порами назывались мелкие воронкообразные углубления. Ныне эти различия в терминологии упразднены и все без исключения кратеровидные образования, независимо от их размеров, глубины, рельефа дна или иных особенностей, называются кратерами. В середине крупных кратеров часто имеются центральные горки.

*) Номера даются по списку, помещенному в главе пятой.

Вблизи фазы первой четверти (рис. 55) в северной области лунной поверхности, правее и ниже Моря Спокойствия, хорошо видно Море Ясности, ограниченное с запада горным хребтом Тавр, а с востока



Рис. 55. Вид Луны в телескоп вблизи ее фазы первой четверти

горным хребтом Кавказ, отделяющим его от соседнего Моря Дождей. В фазе первой четверти Море Дождей расположено на границе светораздела (терминатора); его западная часть освещена Солнцем, а восточная еще находится в тени и не видна. На освещенной части Моря Дождей заметны кратеры Аристилл (199) и Автолик (189). В центре лунного

диска, у самого терминатора расположены большие кратеры Гиппарх (119) и Альбатегний (109), а выше них кратер Вальтер (48). В южной области, у самого терминатора виден большой кратер Магин (22).



Рис. 56 Море дождей, Апеннины и Альпы на Луне

Уже на другой день после первой четверти становятся доступными наблюдениям горные хребты Апеннины и Альпы, ограничивающие Море дождей с юга и севера (рис. 56), а в самом Море дождей -- кратер Архимед (191). 17 ноября 1970 г. в северную часть Моря дождей, несколько южнее Залива Радуги, плавно опустилась советская автоматическая станция

«Луна-17» с флагами и вымпелами с изображением Государственного герба Советского Союза и барельефом В. И. Ленина. С посадочной ступени станции сошел первый в мире самоходный аппарат «Луноход-1». Подчиняясь радиокомандам с Земли, «Луноход-1» в течение очень длительного времени перемещался по лунной поверхности и исследовал рельеф и грунт в ее различных районах, передавая по радиотелевизионной системе на Землю ценные научные сведения о нашем естественном спутнике. В частности, оказалось, что в разных местах лунной поверхности грунт имеет различную структуру. На склонах небольших кратеров грунт рыхлый, похожий на земной вулканический песок, и в нем увязали колеса «Лунохода-1». Вне кратеров, на более ровных местах грунт весьма прочен, и «Луноход-1» мог двигаться с увеличенной скоростью. Второй аналогичный советский аппарат «Луноход-2» провел тщательные исследования лунной поверхности, продолжавшиеся с 17 января 1973 г. несколько лунных дней.

После фазы первой четверти в центральных областях лунной поверхности становится видимой цепочка из больших кратеров Птолемей (111), Альфонс (110) и Арзахель (84), а в южной области — красивый кратер Тихо (30), от которого во все стороны расходятся светлые лучи. Такая же система светлых лучей разбегается от кратера Коперник (147), расположенного в южной части Океана Бурь — обширной долины в восточной области лунной поверхности (рис. 57). В этой долине, в районе кратеров Рейнер (145) и Марий (171) 3 февраля 1966 г. опустилась советская автоматическая межпланетная станция «Луна-9», совершив впервые в мире мягкую посадку на лунную поверхность. Несколько севернее, в направлении к кратеру Геродот (175), 24 декабря 1966 г. совершила мягкую посадку вторая аналогичная станция «Луна-13», а в центральном районе Океана Бурь, недалеко от кратера Ландсберг, 19 ноября 1969 г. «прилунилась» посадочная кабина американского космического корабля «Аполлон-12» с космонавтами Ч. Конрадом и А. Бином. Но эти области становятся видимыми лишь при фазе, близкой к полнолунию.

В полнолунии Луну следует наблюдать сквозь дымчатый светофильтр такой плотности, чтобы лунный свет не ослеплял глаз. Тогда можно увидеть лучи,

складки и трещины на лунной поверхности, но общая картина будет малорельефной из-за практического отсутствия теней.

Мы рекомендуем читателю, воспользовавшись прилагаемой картой Луны, изучить основные крупные

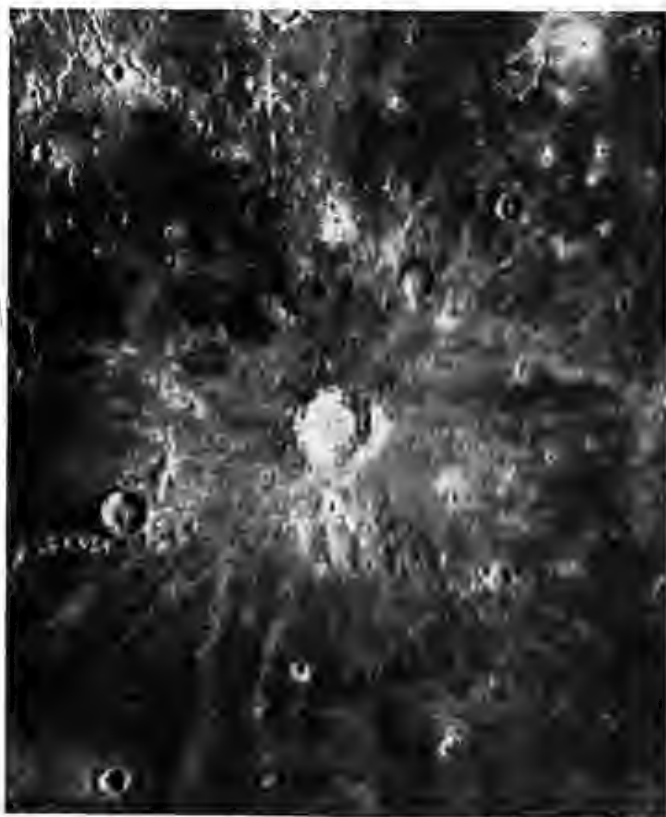


Рис. 57. Океан Бурь и кратер Коперник

детали лунной поверхности, а затем начать систематические наблюдения некоторых из них сквозь цветные светофильтры. Заинтересовавшимся наблюдениями Луны мы рекомендуем интересные книги В. В. Шевченко «Луна и ее наблюдения» (М.: Наука,

1983) и Ф. Ю. Зигеля «Сокровища звездного неба» (М.: Наука, 1986, 1987), в которых изложены способы наблюдений нашего естественного спутника.

Наблюдая лунную поверхность, можно заметить, что Луна всегда обращена к Земле одним полушарием; другое ее полушарие никогда не бывает видимо с Земли. Можно подумать, что Луна не вращается вокруг своей оси. Однако такой вывод обманчив. Если бы Луна не вращалась вокруг оси, то на протяжении года мы последовательно видели бы все области лунного шара. Но все дело в том, что период вращения Луны вокруг оси совпадает с сидерическим периодом ее обращения вокруг Земли. Это означает, что при повороте вокруг Земли на определенный угол Луна на такой же угол поворачивается в ту же сторону вокруг своей оси и в результате обращена к Земле одним полушарием.

С октября 1959 г. стало возможным изучение невидимого или, как принято говорить, обратного полушария Луны. Впервые в мире фотографические снимки невидимого лунного полушария были получены 7 октября 1959 г. при облете Луны советской автоматической межпланетной станцией «Луна-3», а значительно более качественное фотографирование проведено 20 июля 1965 г. и 11 августа 1969 г. советскими автоматическими межпланетными станциями «Зонд-3» и «Зонд-7».

Общая структура обратного полушария Луны сходна со структурой видимого полушария, но сразу бросается в глаза отсутствие обширных морей, которые занимают менее 10 % этого полушария, в то время как на видимой стороне моря занимают 40 % поверхности. Зато на обратной стороне обнаружены новые по структуре объекты, названные талассоидами; это обширные впадины, достигающие 500 км в поперечнике, но не имеющие темной окраски и ровного дна, характерных для лунных морей.

Наиболее крупные образования обратной стороны Луны получили наименования: Море Москвы с заливом Астронавтов, Море Мечты, кратеры Циолковский, Ломоносов, Эддингтон, Менделеев, Шаронов и др. Шесть кратеров в окрестностях Моря Москвы носят имена советских космонавтов А. А. Леонова, А. Г. Николаева, В. В. Терешковой, Г. С. Титова, К. П. Феоктистова и В. А. Шаталова.

Луна имеет линейный диаметр, равный 3476 км, по которому сами наблюдатели смогут определить примерные размеры наблюдаемых ими лунных образований. Что касается массы нашего естественного спутника, то она, в соответствии с третьим законом Кеплера, надежно определена по обращению вокруг Луны ее трех советских искусственных спутников «Луна-10», «Луна-11» и «Луна-12», последовательно выведенных на орбиты 4 апреля, 28 августа и 25 октября 1966 г.: масса Луны оказалась меньше массы Земли в 81,3 раза. Таким образом, современная техника позволяет астрономам получать с достаточно большой точностью такие сведения о небесных телах, которые без нее были либо неуверенными, либо совсем неизвестными.

При движении вокруг Земли Луна систематически заслоняет звезды, а иногда и планеты, расположенные вдоль ее видимого пути на небе. Такие явления называются покрытиями звезд и планет Луной, и их наблюдения не только интересны, но и приносят ощутимую пользу астрономии. Наблюдения покрытий звезд и планет лучше всего наблюдать в бинокли или в небольшие телескопы с увеличением около 30 раз, чтобы в поле зрения инструмента была видна вся Луна в соответствующей фазе. Но покрытия ярких планет или сравнительно ярких звезд до 3^м можно наблюдать даже невооруженным глазом. Моменты предстоящих покрытий публикуются в Астрономическом Календаре ВАГО на текущий год. Но следует иметь в виду, что эти моменты приводятся по всемирному времени, и чтобы узнать их по местному времени, нужно к опубликованным моментам в осенне-зимний период прибавить 3 часа и разность в целых часах между местным и московским временем, а в весенне-летний период добавить еще 1 час.

Наблюдения следует начинать примерно за 10 минут до предвычисленных моментов, и сами явления исчезновения звезд (планет) за диском Луны и их появления из-за него фиксировать по выверенным часам с возможно более высокой точностью. Необходимо помнить, что Луна, перемещаясь на фоне звезд с запада к востоку, закрывает звезды своим левым краем, а появляются они из-за ее правого края. Но при фазах до полнолуния левый край Луны не освещен Солнцем и поэтому не виден, так что исчезновение звезд

происходит до того, как к ним приблизится освещенная часть Луны, и оно может показаться внезапным. После же полнолуния Луна закрывает звезды освещенным левым краем, а появляются они из-за правого темного невидимого края Луны, и при невнимательных наблюдениях имеется риск пропустить появление звезд.

После приобретения достаточных навыков полезно вести систематические наблюдения покрытий звезд Луной и об их результатах сообщать в астрономическую обсерваторию Киевского государственного университета по адресу: 252053 Киев, ул. Обсерваторная, д. 3.

12. Кометы

Время от времени на звездном небе появляются кометы *) (рис. 58), имеющие вид небольшого туманного пятна со светлым хвостом, иногда даже несколькими. Внутри туманного пятна, называемого головой кометы, иногда видно сравнительно яркое ядро, похожее на звезду. В действительности ядро кометы представляет собой большую глыбу смерзшихся газов, внутри которой находятся и твердые частицы самых разнообразных размеров, от мельчайшей пыли до крупных каменных масс.

У различных комет размеры ядра, головы и хвоста также различны. Если диаметры ядер комет измеряются несколькими километрами, то размеры головы бывают от 25 тыс. км у слабых комет до 2 млн км у ярких комет, а хвосты тянутся на сотни тысяч и миллионы километров, достигая у очень ярких комет длины в 300 млн км. Несмотря на огромные размеры комет, их масса ничтожно мала, в десятки миллионов и миллиарды раз меньше массы Земли, а плотность хвоста так ничтожна, что сквозь него просвечивают слабые звезды.

Кометы наблюдаются только вблизи Солнца. Большинство наблюдавшихся комет принадлежит Солнечной системе и обращается вокруг Солнца по весьма вытянутым орбитам, но есть и такие кометы, которые,

*) Свое название получили от греческого слова «кометес» — хвостатая.

пройдя с огромной скоростью в несколько сотен километров в секунду вблизи Солнца, навсегда уходят из Солнечной системы в межзвездное пространство.

Движение комет на глаз не заметно, они кажутся неподвижными на звездном небе, но если ежедневно отмечать их положение относительно звезд, используя



Рис. 58. Комета Беннета 4 апреля 1970 г. (фото получено А. И. Шаповаловой и И. Р. Бейтришвили, Киевский государственный университет)

для этого звездные карты, то это движение легко обнаружить.

Кометы, принадлежащие Солнечной системе, время от времени (с различными периодами от 3,3 года до нескольких десятков тысяч лет) проходят вблизи Солнца и поэтому называются периодическими. Вдали от Солнца комета тускло освещается его лучами, не имеет хвоста и недоступна наблюдениям. Но по мере приближения к Солнцу ее освещение усиливается, замерзшие газы ядра, нагреваемые солнечными лучами, испаряются и окутывают ядро газопылевой оболочкой, образующей голову кометы. Под действием светового давления со стороны солнечных лучей и

элементарных частиц, выбрасываемых Солнцем, газ и пыль уходят от головы кометы, образуя ее хвост, который всегда направлен в сторону от Солнца и, в зависимости от природы входящих в него частиц, может иметь различную форму, от почти идеально прямой (хвост состоит из ионизованных газовых молекул) до резко искривленной (хвост из тяжелых пылевых частиц). Иногда у некоторых комет наблюдаются небольшие аномальные хвосты, направленные к Солнцу.

Чем ближе к Солнцу подходит комета, тем сильнее прогревается ее ядро и усиливается давление, как и общее освещение кометы Солнцем. Поэтому возрастают яркость кометы и размеры ее хвоста. При удалении от Солнца яркость кометы ослабевает, а хвост ее снова уменьшается до полного исчезновения.

Чем чаще комета подходит к Солнцу, тем быстрее она теряет свое вещество. Поэтому те периодические кометы, которые уходят от Солнца сравнительно недалеко (например до орбиты Юпитера или Сатурна) и часто к нему возвращаются (короткопериодические кометы), не могут быть яркими; они не видны невооруженным глазом и наблюдаются лишь в телескопы, а еще чаще обнаруживаются на фотографиях звездного неба. Наоборот, долгопериодические кометы, с большими периодами обращения вокруг Солнца, вблизи него обычно бывают весьма ярки и видны невооруженным глазом.

Кометы называют, как правило, именами их первооткрывателей. За последние 30 лет было открыто очень много ярких комет: в 1957 г. — комета Аренда — Ролана (0^m) и комета Мркоса (1^m), в 1959 г. — Олкока, в 1960 г. — Барнхэма, в 1965 г. — Икейи — Секки, в 1970 г. — Беннета, в 1982 г. — Остина, в 1983 г. — ИРАС*) — Араки — Олкока и др.

Одна из ярких комет называется кометой Галлея, по имени знаменитого английского астронома, установившего в 1705 г. периодичность ее появлений. Она возвращается к Солнцу через каждые 76 лет. Предпоследний раз она была видна в 1909—1910 гг. и выглядела очень яркой (до $0,6^m$), с пыльным хвостом, протянувшимся по небу до 27° , а в пространстве — на 30 млн км. Но в последнем появлении вблизи Солнца

*) ИРАС — сокращение названия астрономического искусственного спутника Земли, изучающего небесные тела в инфракрасном диапазоне спектра.

наблюдения кометы Галлея. Одна из фотографий кометы, полученных в Абастуманской астрофизической обсерватории Академии наук Грузинской ССР, приведена на рис. 60. На ней четко виден разрыв в хвосте кометы вследствие происшедшего в ней взрыва. Длина хвоста достигала 13 млн км, а диаметр головы кометы — более 550 тыс. км.

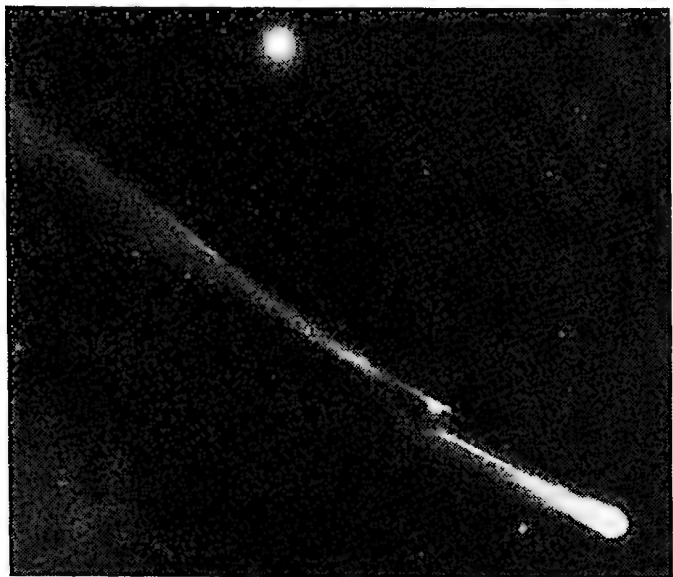


Рис. 60. Комета Галлея 10 января 1986 г. (фото получено Г. Кимеридзе, Абастуманская астрофизическая обсерватория АН Груз.ССР)

Для подробного изучения ядра кометы к ней были направлены две крупные советские автоматические станции «Вега-1» и «Вега-2», одна европейская «Джотто» и две небольшие японские станции «Суисей» («Комета») и «Сакигаке» («Пионер»). Название «Вега» возникло потому, что обе советские станции предназначались для полета сначала к Венере, а после сближения с ней — к комете Галлея, что и было блестяще выполнено. Обе станции были оборудованы разнообразными научными приборами, созданными в

содружестве советскими и иностранными учеными, — прекрасный пример международного сотрудничества.

Станция «Вега-1» стартовала с Земли 15 декабря 1984 г., а «Вега-2» — 21 декабря 1984 г. В июне 1985 г. обе станции прошли вблизи Венеры, сбросили в ее атмосферу и на ее поверхность измерительную аппаратуру для исследования планеты и продолжили свой путь к комете Галлея. Проходя сквозь газопылевую голову кометы, станции сблизилась с ее ядром: 6 марта 1986 г. — «Вега-1» до расстояния в 8900 км, а 9 марта 1986 г. — «Вега-2» до расстояния в 8000 км. Станции впервые в мире передали на Землю фотографии ядра и сведения о его структуре и о составе вещества, выбрасываемого из него. Оказалось, что ядро кометы представляет собой монолитную глыбу неправильной формы, размерами 14 км на 7 км (рис. 61). Ядро вращается с периодом около 53 часов. Из него обильно выделяется колоссальное количество водяного пара с небольшими примесями углекислого газа, водорода, углерода, кислорода, циана и мельчайших твердых частиц натрия, калия, магния, железа и силикатов. Итак, исследования с автоматических станций подтвердили, что ядро кометы состоит в основном из обычного водяного льда, покрытого слоем темного вещества толщиной около 1 см с примесями различных замерзших газов и мелких твердых частиц. Следует восхищаться достижениями советской науки и техники, позволившими не только точно рассчитать и обеспечить путь обеих станций в мировом пространстве, но и надежно принимать от них научную информацию с расстояния около 170 млн км, отделявшего Землю от станций при их сближении с ядром кометы Галлея.

Многие яркие кометы открыты любителями астрономии и носят их имена. Так, например, комета, открытая 31 июля 1980 г. студентами Вильнюсского университета К. Чернисом и И. Петраускасом, получила официальное название кометы Черниса — Петраускаса. Весьма полезно в поисках комет систематически осматривать небо в сильный бинокль или телескоп с малым (не более 40 раз) увеличением. Для этого прежде всего, пользуясь малым звездным атласом А. А. Михайлова, нужно хорошо изучить звездное небо и расположение ярких туманностей, чтобы не принять их за кометы.

При поисках комет нужно внимательно осматривать в оптический инструмент по вечерам (после захода Солнца) западные участки неба, а в предутренние часы — восточные его участки, так как кометы



Рис. 61. Ядро кометы Галлея (фото «Веги-2»)

становятся более яркими вблизи Солнца. Конечно, нельзя рассчитывать на то, что комета обязательно будет обнаружена. Но если наблюдателю повезет, то следует прежде всего определить по звездному атласу ее координаты (прямое восхождение и склонение) и обозначение хорошо заметных, наиболее близких к комете звезд, записать дату и момент открытия кометы и сообщить об этом телеграммой в Государствен-

ный астрономический институт им. П. К. Штернберга (см. с. 85). После этого можно продолжать наблюдения кометы, определяя ее физические характеристики — блеск, длину и форму хвоста, его особенности и т. д.

Физические характеристики следует определять у всех доступных наблюдениям комет, независимо от приоритета их открытия. Видимая длина кометного хвоста оценивается в градусах и может быть определена по известным угловым расстояниям между звездами, а они в свою очередь легко находятся по масштабу звездной карты. Форма хвоста описывается следующей шкалой: 0 — хвост прямой; I — хвост слегка отклоненный; II — хвост заметно изогнут; III — хвост резко изогнут; IV — хвост направлен к Солнцу.

Если видно ядро кометы, то его блеск оценивается, подобно блеску переменных звезд, сравнением со звездами, звездные величины которых известны.

Яркие кометы можно успешно фотографировать на высокочувствительную пленку, с выдержкой, не превышающей 20 секунд, так как при большей выдержке изображение кометы на пленке размоется из-за суточного вращения неба. Но если имеется возможность установленную на штативе фотокамеру перемещать по вращению неба с такой же угловой скоростью, то выдержка может быть значительно увеличена.

13. Падающие звезды и небесные камни

Безусловно, читатель не раз видел, как на небе внезапно появляется вспышка; светящаяся точка быстро проносится по небу, оставляя за собой слабый след, и через несколько мгновений исчезает. Эти явления раньше называли падающими звездами, хотя к звездам они никакого отношения не имеют. Просто в земную атмосферу из космического пространства влетают с большой скоростью крошечные частички вещества; встретив на своем пути более плотные слои воздуха, они вспыхивают и распыляются. Теперь подобные вспышки называют метеорами, поскольку они происходят в земной атмосфере (от греческого слова *meteoros* — «парящий в воздухе»).

В межпланетном пространстве движется неисчислимое количество мелких тел, обозначаемых общим термином «метеорные тела», размеры которых раз-

личны — от мельчайших пылинок до нескольких десятков метров в поперечнике. Чем меньше метеорные тела по размерам, тем больше этих тел в межпланетном пространстве, и если крупные метеорные тела — сравнительная редкость, то космическая пыль, образно говоря, составляет огромное облако, в котором движутся планеты Солнечной системы. Но не следует представлять себе этого облака сплошным, как, скажем, облака мельчайших водяных капель, плавающих в земной атмосфере. Многочисленные наблюдения метеоров показали, что плотность космической пыли в межпланетном пространстве ничтожно мала и на расстоянии в два земных радиуса от Земли составляет примерно две частицы в объеме 1 км^3 . Это означает, что в среднем частицы космической пыли движутся на расстояниях 700—800 м друг от друга. Земная атмосфера представляет собой своеобразный панцирь, защищающий Землю от космической пыли, которая в основном задерживается в верхних слоях атмосферы на высоте от 80 до 200 км.

Масса подавляющего большинства частиц очень мала, измеряется десятками и сотыми долями грамма, и только незначительное их число имеет массы в несколько граммов. Но среди крупных метеорных тел, движущихся в межпланетном пространстве, встречаются и значительно большие массы — килограммы, тонны и даже миллионы тонн.

Метеорные тела, как и планеты, движутся вокруг Солнца и, встречая на своем пути Землю, обрушиваются на нее. Нужно прямо сказать, что далеко не все метеорные тела, вторгающиеся в земную атмосферу, порождают явление метеоров. Подавляющее большинство мелких метеорных тел движется относительно Земли с небольшими скоростями в 10—15 км/с; они не испытывают резкого торможения в земной атмосфере, и поэтому либо остаются взвешенными в атмосфере, либо медленно оседают на земную поверхность. Во всяком случае их энергия движения недостаточна для вспышки. Но если в атмосферу влетает частица со скоростью 30—40 км/с и больше, то она очень быстро раскаляется, вспыхивает и порождает метеор. Чем больше масса метеорной частицы и ее скорость, тем ярче метеорная вспышка. Этим и объясняется, почему метеоры появляются не часто, а в среднем по 5—6 метеоров в час в различных участках

неба. Такие отдельные метеоры называются спорадическими.

Следует иметь в виду, что действительное число метеоров больше наблюдаемого и не только потому, что слабые или телескопические метеоры не видны невооруженным глазом, но и потому, что земная атмосфера поглощает свет в значительной степени, и даже яркий метеор, вспыхнувший невысоко над линией горизонта, может оказаться не замеченным наблюдателем.

Численность метеоров возрастает под утро. Это объясняется тем, что утренняя область земной поверхности всегда обращена в сторону движения Земли (рис. 62), и поэтому в эту область могут влетать метеорные частицы, движущиеся по всем направлениям, в то время как на противоположную, вечернюю область земной поверхности выпадают только частицы, догоняющие Землю.

Помимо отдельных метеорных тел вокруг Солнца движутся целые их рои, называемые метеорными потоками. Многие из них порождены распадающимися или уже распавшимися кометами. Метеорные потоки могут иметь различную структуру. Одни из них довольно компактны, т. е. основной рой метеорных частиц имеет ширину в десятки тысяч километров. Другие потоки (как правило, старые), наоборот, растянуты почти вдоль всей своей орбиты и ширина потока измеряется десятками миллионов километров.

Каждый метеорный поток обращается вокруг Солнца с постоянным периодом и поэтому многие из них в определенные дни года встречаются с Землей (рис. 63). Тогда, в дни встречи с метеорными потоками число метеоров резко возрастает, а если метеор-

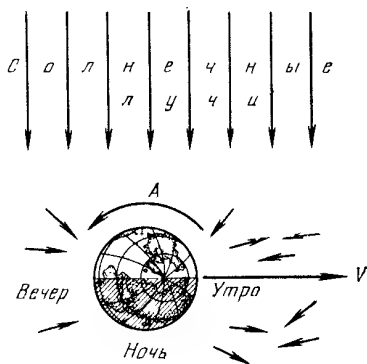


Рис. 62. Встречные и догоняющие метеоры. Стрелки: А — направление вращения Земли; V — направление скорости Земли; мелкие — направления полета метеорных частиц

ный рой компактный, то наблюдаются метеорные или звездные дожди. Вторгаясь в земную атмосферу, частицы метеорного роя летят приблизительно по параллельным путям, но вследствие перспективы метеоры кажутся вылетающими из определенной ограниченной области неба, называемой площадью радиации. Если продлить пути полета метеоров до их взаимного пересечения, то они пересекутся в пределах площади радиации, вблизи точки, называемой радиантом метеорного потока.

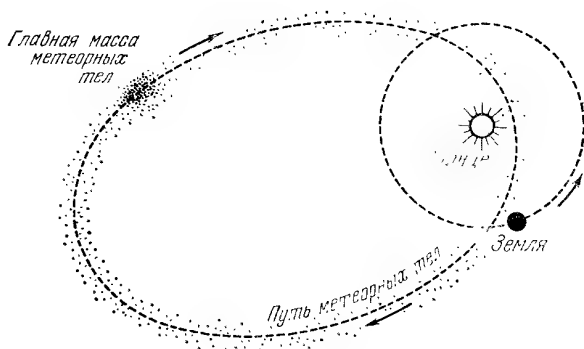


Рис. 63. Встреча Земли с метеорным потоком

Метеорные потоки получают названия по созвездиям, в которых находятся их радианты. Так, метеорный поток, порожденный кометой Галлея и действующий во второй половине октября, называется Орионидами, так как радиант этого потока лежит в созвездии Ориона; августовский метеорный поток с радиантом в созвездии Персея именуется Персеидами и т. д. Эти потоки значительно растянуты по орбитам, но в 1980 г. Земля встретила с главным роем Персеид, который вызвал звездный дождь.

Долгое время не проявлял себя и метеорный поток Леонид (радиант в созвездии Льва), но в 1965 г. активность потока возросла, а 17 ноября 1966 г. этот поток дал великолепный метеорный дождь: число метеоров за час достигало 70 000. Обильный метеорный дождь Драконида наблюдался вечером 8 октября 1985 г. на Дальнем Востоке и в Японии.

Список радиантов наиболее обильных метеорных потоков приведен в главе пятой.

В настоящее время наблюдения метеоров проводятся различными методами: визуальными (невооруженным глазом и в бинокль), фотографическими, фотоэлектрическими и радиолокационными. Мы остановимся только на визуальных методах, доступных начинающим любителям астрономии.

Самыми простыми являются визуальные наблюдения числа метеоров. Наблюдатель следит за определенной областью неба и подсчитывает в отдельности число ярких и слабых метеоров, вспыхнувших и погасших в этой области за определенные равные промежутки времени (20 минут, 30 минут, 1 час), отмечая по часам моменты начала и конца наблюдений. Очень полезно ограничить наблюдаемую область кольцевой или прямоугольной рамкой размерами 1×1 м, установленной на расстоянии около 2,5—3 м от глаз наблюдателя. Метеор, вспыхнувший и погасший в области наблюдений, отмечается знаками $+$, $+$; вспышка в области и погасание вне ее — знаками $+$, $-$; вспышка вне области и погасание внутри нее — знаками $-$, $+$; если же метеор пролетел в наблюдаемой области, но вспыхнул и погас вне ее, то он отмечается знаками $-$, $-$. Таким образом, можно получить данные о численности ярких и слабых метеоров.

Если наблюдатель хорошо изучил шкалу звездных величин и может уверенно оценивать блеск метеоров в звездных величинах, то наблюдения следует усложнить записями блеска каждого метеора. При наличии помощника (секретаря) наблюдатель диктует ему все сведения, а тот при записях отмечает также моменты времени по выверенным часам.

При более полной программе наблюдений к предыдущим оценкам добавляются цвет метеора, продолжительность его полета в десятых долях секунды и направление полета на звездном небе. Чтобы научиться оценивать продолжительность полета метеоров, нужно развить у себя чувство времени. Для этого рекомендуется систематически произносить скороговоркой «раз, два, три, че-, пять», пытаясь уложиться в интервал времени в 1 секунду. Опыт доказывает, что это вполне достижимо, и наблюдатель получает возможность оценивать продолжительность полета метеоров с точностью до 0,2 секунды

Цвет метеора оценивается либо словами (в этом случае записываются первые буквы слов), либо в условной шкале Остгофа:

Цвет	Балл	Цвет	Балл
бело-голубой	—2	чисто желтый	4
голубовато-белый	—1	темно-желтый	5
чисто белый	0	красновато-желтый	6
желтовато-белый	1	оранжевый	7
беловато-желтый	2	чисто красный	8
светло-желтый	3	темно-красный	9

Следующими по сложности являются наблюдения с нанесением метеоров на звездную карту, которые позволяют определить положение радианта на небе. Но эти наблюдения к начальным не относятся, и интересующихся ими мы отсылаем к книге В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» или к «Постоянной части Астрономического календаря» (М.: Наука, 1981).

При полете сквозь разреженные слои земной атмосферы метеорные частицы ионизуют молекулы и атомы воздуха и поэтому на пути их следования в атмосфере образуются протяженные, но узкие нити ионизованного газа, часто называемые ионизационными трубками. После пролета частиц в ионизационных трубках происходит процесс восстановления молекул и атомов газа, при котором они отдают энергию, полученную ими от метеорных частиц. Эта энергия выделяется в виде электромагнитных волн, в том числе и световых, если энергия возбуждения была велика. Тогда на пути полета метеора, уже после его погасания, наблюдается слабое свечение, называемое метеорным следом. Совершенно ясно, что метеорные следы, заметные невооруженному глазу, возникают только после появления ярких метеоров, вызываемых частицами с большой кинетической энергией.

Большинство метеорных следов очень быстро, буквально через несколько секунд, исчезает. Но иногда возникают и устойчивые следы, существующие несколько минут. Такие следы в первые секунды после их появления кажутся неподвижными, а затем медленно перемещаются на фоне звездного неба, одновременно меняя свои размеры, форму и яркость. Перемещение или дрейф метеорных следов вызывается воздушными течениями.

Чтобы продлить время наблюдения метеорных следов, необходимо воспользоваться биноклем, который позволит также видеть следы, незаметные невооруженному глазу, для чего полезно просматривать в бинокль места погасания ярких метеоров. При наблюдениях метеорных следов необходимо отмечать с точностью до 1 секунды моменты их появления, прохождения на фоне отдельных звезд (для этого нужно хорошо знать звездное небо), видоизменения размеров и формы, а также исчезновения. Эти формы бывают иногда настолько причудливыми, что полезно, если есть к тому возможность, быстро их зарисовать, хотя бы схематично. Конечно, такие сложные наблюдения лучше проводить коллективно, группами из трех-четырех наблюдателей, каждый из которых может взять на себя строго определенные обязанности. В частности, интересно фиксировать в различные моменты времени цвет следа, который часто меняется от серебристого до зеленоватого, а иногда приобретает и слегка красноватые оттенки.

Часто бывает и так, что в земную атмосферу вторгаются не мелкие частицы, а крупные глыбы, и тогда наблюдатель видит полет болида — очень яркую рассыпающуюся вспышку, зачастую сопровождающуюся звуковыми эффектами. Такое явление обязательно нужно зарегистрировать во всех подробностях: время появления и погасания, направление и продолжительность полета, блеск, наличие следа, продолжительность его существования, свечение и дрейф (т. е. перемещение следа по небу).

Крупные метеорные тела могут достичь поверхности Земли; тогда они называются метеоритами. Метеориты — единственное (кроме лунного) внеземное вещество, доступное непосредственному изучению в земных лабораториях, и поэтому сбор и исследование метеоритов крайне необходимы для многих отраслей науки — астрономии, физики, геологии, аэродинамики, химии и биологии. Вот почему Комитет по метеоритам и Институт микробиологии Академии наук СССР обратились к населению с просьбой о сборе и передаче метеоритов в их ведение.

К настоящему времени во всем мире известно около 3000 метеоритов, в том числе 174 — в нашей стране. Среди них есть и очень крупные экземпляры (такие, как Палласово Железо, массой 687 кг, или

Богуславка, массой 257 кг), и очень мелкие, массой в несколько десятков граммов

Нередки были случаи выпадения метеоритных дождей, т. е. одновременное падение многих метеоритов. Так, наиболее интересный метеоритный дождь выпал в СССР 12 февраля 1947 г. на Дальнем Востоке, в районе Сихотэ-Алинского хребта, откуда и получил свое название — Сихотэ-Алинский метеоритный дождь: на площадь в 2,4 км² выпало несколько тысяч метеоритов общей массой около 100 т; масса наиболее крупного экземпляра составила 1745 кг, а самого маленького — 0,01 г.

Исследования показывают, что по химическому составу метеориты в основном подразделяются на три типа: железные, железо-каменные и каменные. Первый тип содержит в среднем 91 % железа и 8 % никеля; второй тип — 55 % железа, 5 % никеля, 19 % кислорода, 12 % магния и 8 % кремния; в метеоритах третьего типа встречается 16 % железа, 41 % кислорода, 21 % кремния и 14 % магния. Упомянутый выше Сихотэ-Алинский дождь состоял из железных метеоритов.

Следует сказать несколько слов о знаменитом Тунгусском (Сибирском) метеорите, взорвавшемся в районе реки Подкаменная Тунгуски в 7 часов утра 30 июня 1908 г. Как известно, этот метеорит вызвал большие разрушения леса, но сам найден не был. В связи с этим уже в наше время распространились самые невероятные слухи о его природе. Голословно заявляется, что этот метеорит был либо урановым, распавшимся в атомном взрыве, либо неизвестным веществом, породившим мощный ядерный взрыв, подобный взрыву нескольких водородных бомб, либо, наконец, антивеществом. При этом утверждается, что взрыв сопровождался радиоактивным излучением, способствовавшим бурному росту растительности в районе взрыва.

Исследования многих известных советских ученых (В. Г. Фесенкова, Е. Л. Кринова, И. С. Астаповича, К. П. Станюковича и др.) показали полную несостоятельность этих антинаучных высказываний. Никакой повышенной радиации в месте разрушения не обнаружено. Явление состояло в том, что в земную атмосферу влетела маленькая комета, и ее ледяное ядро от сильного трения о слои атмосферы и от удара о

воздушную подушку, образованную сильно сжатым воздухом перед головой кометы, взорвалось, подобно тому как взрывается жидкий воздух, широко применяемый при подрывных работах на строительстве каналов и горных шоссейных дорог. Нагретый до высокой температуры воздух вызвал пожар, следы которого (ожоги) хорошо сохранились на коре деревьев. Зола от сгоревшей растительности обильно удобрила почву, что и вызвало быстрый рост молодой поросли на месте катастрофы.

В почве в районе взрыва найдено множество мельчайших оплавленных силикатных и металлических частиц, массой около 10^{-6} г. Они представляют собой остатки распылившегося и расплавившегося в земной атмосфере, а затем остывшего метеоритного вещества. Весьма вероятно, что были куски вещества и более крупных размеров, но они попали в болота, обильные в месте падения метеорита, и исчезли в глубокой их трясине. Можно считать, что природа Тунгусского метеорита выяснена окончательно, и в выдвигании несообразных предположений нет никакой необходимости.

Вернемся к задачам сбора метеоритов и напомним правила их розысков. Если метеорит упал на сухую почву, каменистый грунт или на снег и подобран немедленно после падения, то необходимо принять меры для сохранения его стерильности, т. е. предотвратить попадание в него земных микробов. С найденного метеорита небольших размеров следует тщательно стряхнуть прилипшую почву или снег, избегая касания его голыми руками, затем завернуть в несколько слоев чистой бумаги и выслать по адресу: 117313 Москва, ул. Марии Ульяновой, д. 3, корпус 1, Комитет по метеоритам Академии наук СССР. От большого метеорита необходимо отколоть небольшой кусочек (сколо 50 г) и с теми же предосторожностями выслать по тому же адресу.

Может представиться случай быть свидетелем полета болида или падения метеорита. Тогда следует как можно подробнее описать обстоятельства наблюдаемого явления.

Простейшие наблюдения болида сводятся к регистрации названия места наблюдения, даты, моментов времени (с точностью до 1 минуты) появления и исчезновения болида, направления его полета по отно-

тению к основным точкам горизонта (точкам юга, запада, севера и востока), приблизительной высоты и азимута его появления, исчезновения или дробления, а также световых (вспышки, освещение местности) и звуковых (гул, грохот, треск) эффектов, тоже с регистрацией моментов времени их возникновения.

Весьма желательно определить в градусной мере длину следа болида. Для этого нужно научиться приблизительно определять на глаз расстояния между точками неба. Хорошим эталоном для таких измерений служит расстояние между кончиками большого и указательного пальцев руки, раздвинутых до предела. При вытянутой вперед руке угловое расстояние между кончиками этих пальцев составляет около 16—17°. Угловые размеры самого болида могут быть также оценены по сравнению с солнечным и лунным дисками, диаметры которых равны 0,5°. При полете болида в ночное время желательно нанести его путь среди звезд на карту.

Более сложные наблюдения дополняются оценкой блеска и окраски болида, его ядра (внутренней части) и оболочки (внешней части), а также изменениями этих характеристик на протяжении полета. Очень существенно описать форму болида и структуру его следа с указанием направления угловой скорости перемещения последнего. Еще лучше зарисовать или сфотографировать полет болида, но и в этом случае записи моментов времени характеристик болида обязательны.

При падении метеорита необходимо зарегистрировать место, дату и время падения, описать звуковые явления, сопровождавшие падение, отметить яркость падающего метеорита и явления, сопровождавшие удар метеорита о земную поверхность (разрушение грунта, воронки, разброс комьев земли, столб пыли, ожоги растительности и т. д.), и все записи наблюдений, вместе с кусочком метеорита, выслать в Комитет по метеоритам АН СССР.

Если же выпал обильный метеоритный дождь или крупный метеорит, вызвавший большие разрушения, то необходимо немедленно известить об этом телеграммой Комитет по метеоритам.

Очень хотелось бы, чтобы начинающий наблюдатель запомнил золотое правило исследователя: ни одно наблюдение не должно пропасть даром, и если по

какой-либо причине сам наблюдатель не сможет свои наблюдения обработать и получить научные выводы, он обязан отослать их специалистам в ближайшее астрономическое учреждение или в одно из отделений Всесоюзного астрономо-геодезического общества при Академии наук СССР, имеющиеся во многих городах Советского Союза (см. с. 174). Это научное Общество объединяет в своих рядах не только астрономов-профессионалов, занимающихся научными исследованиями в специализированных астрономических учреждениях и преподающих астрономию в высших учебных заведениях, но и многочисленных любителей астрономии, которые посвящают ей свой досуг. Используя имеющиеся в их распоряжении сравнительно скромные наблюдательные средства, любители астрономии успешно проводят в основном наблюдения метеоров, переменных звезд, покрытий звезд и планет Луной, а также серебристых облаков. Обработка таких наблюдений проводится в Обществе самими любителями астрономии под руководством специалистов.

Таким образом, своими массовыми наблюдениями небесных объектов любители астрономии оказывают значительную помощь развитию этой интересной и полезной науки.

ПРОСТЕЙШАЯ САМОДЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ТРУБА

Как смог убедиться читатель из содержания предыдущих глав, даже простейшие наблюдения большинства небесных объектов невозможны без телескопов хотя бы небольших размеров. Конечно, лучше всего использовать телескопы средней силы промышленного изготовления, которые в настоящее время имеются во многих высших учебных заведениях, школах, дворцах и домах пионеров и школьников, в народных обсерваториях при планетариях, крупных промышленных предприятиях и некоторых отделениях Всесоюзного астрономо-геодезического общества при Академии наук СССР. Но если такой возможности не представляется, то можно изготовить самодельный телескоп — линзовый (рефрактор) либо зеркальный (рефлектор).

Нужно прямо сказать, что изготовление телескопа удовлетворительного качества — дело довольно сложное, если принять во внимание требования, предъявляемые к его оптике и установке. Для изготовления телескопа-рефрактора средних размеров, дающего удовлетворительное изображение, необходимо иметь объектив, состоящий из двух оптических стекол хорошего качества, разной по знаку оптической силы и несколько отличающихся по своим преломляющим свойствам.

Конечно, лучше всего приобрести готовый объектив диаметром 8—12 см, обладающий хорошими оптическими качествами. Но если объектив достать невозможно, то придется приобретать подходящие оптические стекла (линзы) для самодельного его изготовления.

Для начальных наблюдений не нужны линзы большого диаметра; вполне подходят линзы диаметром от 6 до 12 см, наборы которых часто продаются в мага-

зинах наглядных пособий и учебного оборудования. Главное — правильно выбрать подходящие линзы.

Каждая линза, помимо диаметра, характеризуется оптической силой E , т. е. величиной, обратной фокусному расстоянию F линзы, выраженному обязательно в метрах:

$$E = \frac{1}{F}.$$

В этой формуле F измеряется в метрах, а оптическая сила E — единицей измерения, называемой диоптрией.

Выпуклые (увеличивающие, собирающие) линзы имеют положительную оптическую силу, а вогнутые (уменьшающие, рассеивающие) линзы — отрицательную. Так, выпуклая линза с $F = 2$ м имеет оптическую силу $E = 1/2 = +0,5$ диоптрии, а рассеивающая линза с $F = -40$ см $= -0,4$ м имеет $E = -1/0,4 = -2,5$ диоптрии.

У каждой линзы есть свои недостатки, главным образом сферическая и хроматическая абберация. Первая состоит в том, что параллельные световые лучи, прошедшие сквозь линзу, не сходятся идеально в одной точке, вследствие чего изображение предметов несколько размывается. Хроматическая абберация состоит в разложении белого света в линзе на составные, разноцветные лучи, вследствие чего изображение получается окрашенным. Обе абберации увеличиваются с увеличением оптической силы линзы, т. е. с увеличением кривизны ее поверхностей, но могут быть уменьшены соответствующей комбинацией из собирающей и рассеивающей линз. Поэтому не нужно выбирать линзы с большой оптической силой. Для са- модельного рефрактора более всего подходит собирающая линза с оптической силой от $+0,5$ до $+2,5$ (не более) диоптрии, к которой подбирается рассеивающая линза такого же диаметра, но несколько отличающаяся величиной оптической силы.

Оптическая сила выпуклой линзы легко определяется опытным путем. Сквозь линзу рассматривается далекий предмет и измеряется расстояние от линзы до глаза при четком изображении предмета (изображение будет перевернутым). Измеренное расстояние является фокусным расстоянием линзы, по которому вычисляется оптическая сила. Можно также получать

четкое изображение Солнца на экране, но здесь надо быть крайне осторожным, чтобы не вызвать пожара концентрированными солнечными лучами, и уж ни в коем случае нельзя смотреть на Солнце сквозь линзу.

Рассеивающая линза к объективу подбирается такая, чтобы на ее вогнутую поверхность ложилась без зазоров выпуклая линза, но радиусы обеих поверхностей вогнутой линзы должны быть несколько различными, иначе объектив не будет собирать света. Лучшими для удачной комбинации являются плоско-вогнутые линзы.

Подбор рассеивающей линзы осуществляется тем же приемом, что и выпуклой линзы, т. е. рассмотрением далеких предметов сквозь комбинацию уже обеих линз, причем к предметам должна быть обращена выпуклая линза.

Наиболее удачной для объектива будет комбинация из таких линз, при которой фокусное расстояние объектива (т. е. комбинации линз) не превышает 1,5 м и четкое изображение предметов свободно от радужной окраски. Это достигается при диаметре линз, не превышающем 12 см, реже — 15 см, а как правило, при диаметре, близком к 8 см. При диаметре, превышающем 12 см, требуется сложная специальная шлифовка поверхностей линз, что далеко не всегда выполнимо силами любителей. Этим и объясняется, почему при желании иметь телескоп значительного диаметра любители строят не рефракторы, а рефлекторы.

Изготовление самодельного рефлектора тоже требует немалого труда и умения, но вполне доступно многим любителям. В отделениях Всесоюзного астрономо-геодезического общества есть любители, которые построили телескопы-рефлекторы с главным зеркалом, диаметром от 10 до 30 см, причем зеркала изготовлены из бракованных блоков иллюминаторного стекла, что совершенно не отразилось на их качестве.

Приемы изготовления рефлекторов требуют подробного описания и не могут быть даже вкратце освещены здесь. Но читателям, заинтересовавшимся изготовлением рефлекторов, мы настоятельно рекомендуем книги Л. Л. Сикорука и М. С. Навашина и статьи в журнале «Земля и Вселенная» за 1966 — 1976 гг., указанные в списке литературы на с. 174.

Здесь же мы опишем изготовление простейшего реф-

рактора, который из-за его скромных размеров лучше назвать простейшей астрономической трубой.

Бывает трудно подобрать для объектива трубы комбинацию подходящих линз, и тогда приходится довольствоваться объективом из одной двояковыпуклой линзы диаметром от 4 до 6 см и оптической силой от $+0,5$ до $+1$ диоптрии. Для качества изображения очень важно отношение диаметра объектива D к его фокусному расстоянию F , называемому относительным отверстием:

$$A = \frac{D}{F}.$$

При однолинзовом объективе относительное отверстие не должно превышать $1:20$, а при двухлинзовым — $1:15$. Если же не удастся подобрать линзы соответствующего диаметра, то можно использовать линзу большего диаметра, но ее рабочую поверхность следует уменьшить (диафрагмировать) до нужного диаметра наложением картонной диафрагмы. Подходящая диафрагма подбирается опытным путем из набора нескольких диафрагм разных диаметров. Наилучшей считается та, при которой отсутствует радужная окраска изображения предметов.

Как известно, оптическая схема трубы состоит не только из объектива, но и из окуляра, который тоже имеет свое фокусное расстояние f (оно должно быть меньше фокусного расстояния объектива F). Отношение $n = F/f$ дает увеличение трубы, но это отнюдь не означает, что можно получать сколь угодно большие увеличения за счет применения окуляров с малыми фокусными расстояниями. Свойства однолинзового объектива позволяют применять увеличение в лучшем случае в 100 раз, а как правило, в зависимости от состояния земной атмосферы, приходится применять увеличения около 50—80 раз. В соответствии с этим следует подобрать двояковыпуклые линзы для окуляров. Так, при $F = 1$ м и $F = 2$ м в качестве окуляров рекомендуются двояковыпуклые линзы с фокусными расстояниями f , равными 50 мм, 25 мм и 20 мм, которые дают увеличения от 20 до 100 раз.

Изготовление телескопа следует начинать с объектива. Из фанеры или толстого картона вырезаются кольца, наружный диаметр которых больше диаметра линзы объектива на 10 мм. Два из этих колец имеют

внутренний диаметр на 5 мм меньше диаметра линзы, а внутренние диаметры остальных колец должны быть равны диаметру линзы. Первые два кольца служат опорными, между которыми зажимается линза объектива, а остальные кольца служат прокладками, предохраняющими линзу от механических воздействий при зажиме ее между опорными кольцами. В зависимости от толщины линзы число промежуточных колец-прокладок может быть различным.

При монтаже объектива одно опорное кольцо укладывается на горизонтальную поверхность, имеющую углубление для линзы, и на кольцо накладывается линза. Затем на то же кольцо аккуратно накладывается промежуточное кольцо-прокладка, предварительно смазанное клеем; промежуточное кольцо должно плотно охватить края линзы. Подобным же образом накладываются смазанные клеем остальные промежуточные кольца-прокладки, количество которых подбирается так, чтобы второе опорное кольцо, наложенное на промежуточные, плотно зажало линзу, прижав ее краями к первому опорному кольцу (рис. 64).

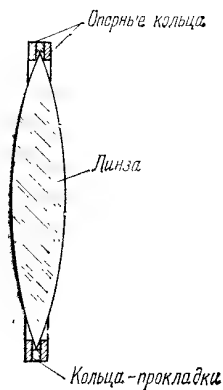


Рис. 64. Объектив трубы

Аналогично собирается и двухлинзовый объектив, но только между краями внутренних поверхностей линз прокладываются еще очень тонкие прокладки из бумаги или фольги для того, чтобы поверхности линз не соприкасались друг с другом. Прокладки могут иметь форму узких колец и укладываться по всей периферии линз, но лучше всего сделать их в виде отдельных дуг, стягивающих угол в 30° , и расположить на взаимном расстоянии в 120° .

Наиболее трудоемкой является работа по правильной установке линз, чтобы их оптические оси совпали друг с другом. Для этого иногда приходится подкладывать в разных местах между линзами неравное число прокладок. Таким образом, прежде чем заклеивать двухлинзовый объектив, нужно добиться точной установки линз, что опять-таки проверяется по чет-

кому и неокрашенному изображению далеких предметов.

Склеенный объектив вкладывается на клею в картонную оправу соответствующего диаметра, длиной около 10 см, предварительно выкрашенную изнутри черной матовой краской или черной тушью. Внешняя поверхность этой оправы должна быть гладкой, и поэтому её рекомендуется изготовить из гладкого (типа бристольского) картона, или оклеить черной гладкой бумагой. Тубус трубы также изготавливается из тонкого картона или склеивается из нескольких слоев толстой бумаги. Внутренний диаметр тубуса должен быть равен наружному диаметру оправы объектива, чтобы оправка очень плотно входила в тубус и не имела возможности в нем перемещаться. Внутренняя поверхность тубуса оклеивается черной бумагой. Правда, вместо оклейки можно ее вычернить, но только такой краской, которая бы не осыпалась, так как в противном случае осыпавшаяся краска будет загрязнять оптику трубы. Длина тубуса зависит от фокусного расстояния объектива и лучше всего ее сделать короче фокусного расстояния на 10 см. В один конец тубуса плотно вставляется без клея оправка с объективом, чтобы в случае необходимости его всегда можно было бы вынуть.

Во второй конец тубуса вставляется трубка с окуляром, который, аналогично объективу, укрепляется в оправе, изготовленной из фанерных или картонных колец, а оправка плотно вклеивается в окулярную трубку. Наружный диаметр окулярной трубки должен быть на 0,5 мм меньше внутреннего диаметра тубуса, чтобы трубка могла передвигаться в тубусе на трении, но не болтаться в нем. Для обеспечения плотного охвата окулярной трубки тубусом ее рекомендуется сделать длиной в 30 см. Такая длина обеспечит передвижение окулярной трубки в тубусе без поперечного смещения. Внутренняя поверхность окулярной трубки покрывается черной краской или тушью, а внешнюю ее поверхность лучше оклеить гладкой черной бумагой. Таких окулярных трубок следует сделать по числу окуляров, изготовленных для трубы, и применять различные окуляры в зависимости от наблюдаемого объекта и атмосферных условий.

Совершенно очевидно, что если имеется возможность изготовить тубус, а также оправку объектива

и окуляров из металла, то этим не следует пренебрегать. Тогда на внешней поверхности оправы объектива и на внутренней поверхности объективного конца тубуса полезно сделать мелкую нарезку для ввинчивания объектива, или укрепить его тремя винтами, ввернутыми в три отверстия с нарезкой, просверленные в тубусе. Окулярную же часть тубуса в этом случае можно сделать суженной, подогнав ее диаметр к диаметру оправы окуляров.

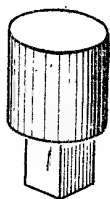


Рис. 65. Головка штатива

Во избежание тряски при наблюдениях астрономическая труба должна быть установлена на штативе, головка которого может быть сравнительно легко изготовлена из небольшого круглого деревянного обрубка, диаметром около 6—7 см и высотой около 15 см. Нижняя часть этого обрубка вырезается в виде трехгранной призмы, ширина граней которой должна быть около 5—6 см, а высота — около 6—7 см. Верхняя часть остается цилиндрической того же диаметра (рис. 65).

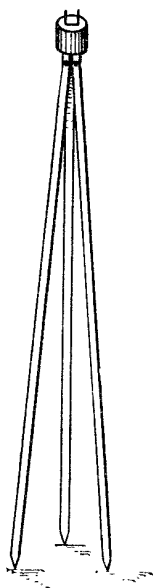


Рис. 66. Штатив

Из кольев или из доски длиной в полтора метра вырезаются три ножки, толщиной и шириной около 3—4 см, нижние концы которых заостряются. Верхние концы ножек прикрепляются одним шурупом к граням призмы так, чтобы они могли с большим трением поворачиваться вокруг шурупов. Готовый штатив изображен на рис. 66.

Переходное крепление трубы к штативу изготавливается из прямоугольного бруска длиной около 15—16 см, шириной примерно 4 см и толщиной в 1,5—2 см. В верхней длинной грани бруска полукруглой стамеской или рашипелем протачивается канавка, кривизна которой должна быть равна кривизне тубуса трубы. В противоположной нижней длинной грани бруска выдалбливается прямоугольное отверстие размерами 3 см × 1 см, в которое на клею вставляется

шип таких же размеров, вырезанный в торце дощечки размерами 5 см $\times$ 5 см $\times$ 1 см. Противоположный торец этой дощечки опиливается полукругом. Такой брусок служит ложем телескопа, а вклесенная в него дощечка — опорой этого ложа (рис. 67). Затем из железной полосы шириной 2—3 см и толщиной 1,5—2 мм выгибается прямоугольная П-образная скоба высотой около 5,5 см и шириной в 1 см. В середине каждой

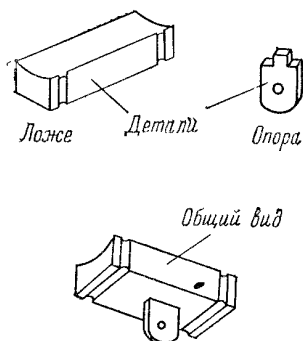


Рис. 67. Ложье с опорой

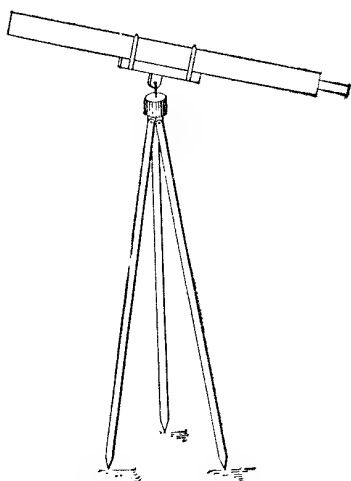


Рис. 68. Общий вид трубы на штативе

границ скобы просверливаются отверстия, диаметры которых зависят от размеров имеющихся в распоряжении изготовителя крупного шурупа и болта. Скоба накладывается своей малой гранью на торец цилиндрической головки треноги так, чтобы длинные грани скобы были обращены вверх, после чего малая грань скобы привертывается к торцу головки крупным шурупом. Между верхней гранью скобы и шляпкой шурупа полезно проложить шайбу диаметром около 2 см, которая обеспечит плотное прижатие скобы к торцу головки штатива. Шуруп ввинчивается так плотно, чтобы скоба поворачивалась на головке с трением и не болталась бы на ней. Опора ложа тубуса вставляется в скобу между ее длинными гранями, и обе грани через отверстия в них стягиваются болтом, для чего в центре опоры просверливается

отверстие того же диаметра, что и в длинных гранях скобы. Степень затяжки болта должна обеспечить вращение опоры ложа между гранями скобы со значительным трением.

Тубус трубы своей средней частью вкладывается в цилиндрическую выточку ложа и укрепляется на нем различными способами. Можно просто приклеить тубус к ложу, но лучше притянуть его к ложу кольцами или проволокой. В обоих последних способах крепления полезно вблизи краев ложа, в трех его гранях, прорезать канавки, в которые углубить кольца или проволоку, крепящую трубку к ложу. Такая установка трубы на азимутальном штативе позволяет поворачивать трубу по азимуту от 0 до 360° и по высоте от 0 до 70° , т. е. наблюдать небесные светила почти во всех областях небесного свода (рис. 68).

Если имеется возможность, то всю установку для астрономической трубы лучше сделать из легкого металла. При наличии хороших мастерских можно изготовить такую установку (называемую параллактической), при которой труба может поворачиваться вокруг двух взаимно перпендикулярных осей, одна из которых направляется на полюс мира (в первом приближении, на Полярную звезду). Такие установки довольно подробно описаны в рекомендуемой литературе о телескопах (см. с. 174).

Конечно, яркость изображения в рекомендуемом самодельном телескопе будет меньше, чем в школьном телескопе-рефракторе промышленного изготовления, но все же это не мешает проводить наблюдения ярких небесных объектов.

Таблица 1. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

α альфа	ι йота	ρ ро
β бета	κ каппа	σ сигма
γ гамма	λ ламбда	τ тау
δ дельта	μ мю	υ ипсилон
ϵ эпсилон	ν ню	ϕ фи
ζ дзета	ξ кси	χ хи
η эта	$\omicron$ омикрон	ψ пси
θ, ϑ тета	π пи	ω омега

Таблица 2. СОЗВЕЗДИЯ, ВИДИМЫЕ В СССР

Обозначения: m — звездная величина; Д — двойные и кратные звезды; П — переменные звезды; С — звездные скопления; Т — галактические туманности; Г — звездные системы (галактики); в скобках — номер объекта по каталогу Дрейера (NGC).

Созвездие	Яркие звезды и интересные объекты
Андромеда	α Альферац $2,2^m$; β Мирах $2,4^m$; γ Аламак $2,3^m$; Д: γ, π ; П: R; С: (752); Г: (224).
Близнецы	α Кастор $1,6^m$; β Поллукс $1,2^m$; Д: $\alpha, \delta, \kappa, \mu$; П: ζ, η ; С: (2168); Т: (2392).
Большая Медведица	α Дубхе $1,9^m$; β Мерак $2,4^m$; γ Фекда $2,5^m$; δ Мегрец $3,4^m$; ϵ Алиот $1,7^m$; ζ Мицар $2,2^m$; η Бенетнаш $1,9^m$; Д: ζ и g, ζ ; Г: (3031, 3034).
Большой Пес	α Сириус — $1,6^m$; β Мирцам $2,0^m$; ϵ Адара $1,6^m$; η Алудра $2,4^m$; Д: ϵ ; П: UW; С: (2287).
Весы	Д: α ; П: δ .
Водолей	α Садалмелек $3,2^m$; β Садалсуд $3,1^m$; Д: ζ ; П: χ, R ; С: (7089); Т: (7009, 7293).

Созвездие	Яркие звезды и интересные объекты
Возничий	α Капелла $0,2^m$; β Менкалинан $2,1^m$; δ : θ ; Π : $\epsilon, \zeta, RT, UU, WW$; Σ : (1912, 1960, 2099).
Волопас	α Арктур $0,2^m$; δ : $\epsilon, \iota, \kappa, \mu, \xi$; Π : W .
Волосы Вероники	Само созвездие представляет собой красивое скопление слабых звезд; Γ : (4826).
Геркулес	α Рас-Альгети, переменная от $3,0^m$ до $4,0^m$; β Корнефорос $2,8^m$; δ : α, δ ; Π : α, U ; Σ : (6205, 6311).
Гидра	α Альфард $2,2^m$; δ : θ ; Π : R, W ; Σ : (2548); T : (3242).
Гонимые Псы	α Хара $2,8^m$; δ : α ; Π : Y ; Σ : (5272); Γ : (4258, 4736, 5194).
Дева	α Спика (Колос) $1,2^m$; γ Арих $2,9^m$; δ : γ ; Γ : (4472).
Дельфин	δ : γ .
Дракон	γ Эгамин $2,4^m$; β Альванд $3,0^m$; δ : η, ν, ψ .
Единорог	Σ : (2301, 2323); T : (2238, 2264).
Змееносец	α Рас-Альхаге $2,1^m$; Π : χ ; Σ : (6218, 6254, 6273)
Змея	α Унук-Эльхайя $2,7^m$; δ : β, θ ; Π : R ; Σ : (6611, 5904); T : (6611).
Кассиопея	β Каф $2,4^m$; α Шедир $2,5^m$; δ : η ; Π : γ, ρ, R ; Σ : (581, 663, 7654); T : (IC 59, 7635).
Кит	β Дифда $2,2^m$; α Менкар $2,8^m$; σ Мира (Дивная), переменная от $2,0^m$ до $10,1^m$; δ : γ ; Π : σ, T ; T : (246).
Козерог	δ : α .
Лебедь	α Денеб $1,3^m$; γ Садор $2,3^m$; β Альбирео $3,2^m$; δ : β ; Π : χ, P, T, W ; Σ : (6871, 7092); T : (6960, 6992—5).
Лев	α Регул $1,3^m$; β Денебола $2,2^m$; γ Альгиеба $2,3^m$; δ : γ, ζ ; Π : R ; I : (3627).
Лира	α Вега $0,1^m$; β Шелнак, переменная от $3,3^m$ до $4,2^m$; γ Сулафат $3,3^m$; δ : $\beta, \delta, \epsilon, \zeta$; Π : β, δ, R ; T : (6720).
Лисичка	T : (6853)
Малая Медведица	α Полярная (Киносура) $2,1^m$; β Кохаб $2,2^m$; γ Феркад $3,1^m$.

Созвездие	Яркие звезды и интересные объекты
Малый Пес	α Процион $0,5^m$; β Гомеиза $3,1^m$.
Овен	α Хамаль $2,2^m$; β Шератан $2,7^m$; Д: γ , ϵ , λ ; П: U
Орел	α Альтаир $0,9^m$; П: η , R, FF.
Орион	α Бетельгейзе, переменная от $0,4^m$ до $1,3^m$; β Ригель $0,3^m$; γ Беллатрикс $1,7^m$; ϵ Альнилам $1,8^m$; ζ Альнитак $2,0^m$; δ Минтака $2,5^m$; Д: δ , θ , ι , σ ; П: α , U; Т: (1976, 1977, ζ Ориона).
Пегас	α Маркаб $2,6^m$; β Шеат, переменная от $2,4^m$ до $2,8^m$; ϵ Эниф $2,5^m$; γ Альгениб $2,9^m$; Д: π ; П: β ; С: (7078).
Персей	α Мирфак $1,9^m$; β Алголь, переменная от $2,2^m$ до $3,5^m$; Д: ϵ , ζ , η ; П: β , ρ ; С: (869, 884, 1039); Т: (1499).
Рак	Д: ζ , ι ; С: Ясли (2632), (2682).
Рыбы	П: TV.
Северная Корона	α Гемма (Жемчужина) $2,3^m$.
Скорпион	α Антарес, переменная от $0,9^m$ до $1,8^m$ и двойная, но трудно разделяемая; β Ак-раб $2,9^m$; Д: β , μ , ν ; П: α , μ ; С: (6405, 6475, 6121).
Стрелец	ϵ Каус-Аустралис $1,9^m$; σ Нunki $2,1^m$; ζ Аскелла $2,7^m$; П: X, Y, W, RT; С: (6531, 6603, 6656, 6899); Т: (6618, 6514, 6523).
Телец	α Альдебаран $1,1^m$; β Нат $1,8^m$; η Альциона $3,0^m$ (в звездном скоплении Плеяд); Д: θ , κ , σ ; П: λ , SE; С: Плеяды, Гиады; Т: (1952).
Треугольник	П: R; Г: (598).
Цефей	α Альдерами $2,6^m$; Д: β , δ , ξ ; П: δ , μ , VV, T.
Южная Рыба	α Фомальгаут $1,3^m$.

Кроме перечисленных, видны еще ничем не примечательные созвездия: северного неба — Жираф, Малый Конь, Малый Лев, Рысь, Стрела и Ящерица; южного неба (полностью или частично) — Волк, Ворон, Голубь, Заяц, Компас, Кормя. Микроскоп, Ласос, Печь, Резец, Скульптор, Центавр, Чаша, Щит, Эридан, Южная Корона и некоторые другие.

Таблица 3. СПИСОК СРАВНИТЕЛЬНО ЯРКИХ СВЕТЛЫХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ТУМАННОСТЕЙ

Обозначения: NGC — номер по каталогу Дрейера; M — номер по каталогу Мессье; d — видимые размеры; r — расстояние в световых годах.

NGC	M	Название	d	r	Звездная величина	Созвездие и положение туманности
Диффузные туманности						
233	—	Розетка	$61' \times 60'$	3600	—	Единорог; посередине между δ Единорога и μ Ориона.
264	—	Конус	$69' \times 39'$	3260	4.7^m	Единорог; в 3° южнее ξ Близнецов.
6511	16		$35' \times 28'$	4560	8.3	Змея; в 2° севернее туманности M 17.
1050	—	у Кассиопеи	$18' \times 12'$	650	2.2	Кассиопея; вокруг звезды γ .
6133	—	Сетель	$70' \times 6'$	1300	—	Лебедь; в 3° южнее звезды ϵ .
6392—5	—	Облака	$78' \times 8'$	1300	—	Лебедь; в 2.5° юго-вост. звезды ϵ .
2973	42	Большая туманность Ориона	$66' \times 60'$	980	5.4	Орион; вокруг звезды ϕ в мече Ориона.
577	—	42 Ориона	$40' \times 25'$	1300	4.6	Орион; в 0.5° севернее звезды ϕ .
—	—	Ориона	$330' \times 40'$	1300	—	Орион; вблизи звезды ζ .
439	—	Калифорния	$145' \times 40'$	1930	4.0	Персей; в 1° сев.-вост. звезды ξ .
6314	20	Тройная	$29' \times 27'$	2200	6.9	Стрелец; в 3° юго-зап. звезды μ .
653	8	Лагуна	$50' \times 35'$	2500	6.8	Стрелец; в 1.5° южнее туманности M 20.
6618	17	Подкова, или Омеха	$46' \times 37'$	3500	8.9	Стрелец; в 3° юго-западнее γ Шита.
1952	1	Крабовидная	$5' \times 3'$	5500	8.4	Телец; в 2° сев.-западнее звезды ζ .
Планетарные туманности						
272	—		$0.8' \times 0.7'$	1350	8.3	Близнецы; в 2.5° юго-вост. звезды δ .
—	—	Сатурн	$0.7' \times 0.4'$	1370	8.4	Водолей; в 1° западнее звезды γ .
—	—	Эпика (Геликс)	$15' \times 12'$	650	6.5	Водолей; посередине между δ Козерога и α Южной Рыбы.
—	—		$0.7' \times 0.6'$	1900	9.0	Гидра; в 2° южнее звезды μ .
—	—		$3.5' \times 3'$	1650	8.5	Кассиопея; посередине между ρ Кассиопеи и ι Цефея.
—	—		$4' \times 3.5'$	1570	8.5	Кит; в 6° севернее звезды β .
6730	57	Кольцовая	$1.5' \times 1'$	2300	9.3	Лира; посередине между звездами β и γ .
6853	27	Гангель	$8' \times 4'$	980	7.6	Лисичка; в 3° севернее звезды γ Стрелы.

Таблица 4. СПИСОК НЕКОТОРЫХ ДВОЙНЫХ И КРАТНЫХ ЗВЕЗД

Обозначения: m — суммарная звездная величина; m_1 и m_2 — звездные величины компонентов; ρ — угловое расстояние между компонентами; ϕ — физическая кратность; * — наиболее красивые звездные пары.

Название звезды	m	m_1	m_2	ρ	Цвет компонентов	Примечания
γ Андромеды	2,2 ^m	2,3 ^m	5,5 ^m	10"	оранжевый, голубоватый	*, ϕ , 1
δ Близнецов	3,5	3,5	8,2	7	желтый, оранжевый	—
κ Близнецов	3,7	3,7	8,5	7	оранжевый, зеленоватый	ϕ
ζ и η Б. Медведицы	—	2,2	4,0	708	белый	*
ζ Б. Медведицы	2,2	2,4	4,0	14	белый	*, ϕ
ϵ Большого Пса	1,6	1,6	8,1	7	голубоватый, белый	ϕ
α Весов	—	2,9	5,3	230	белый, желтый	—
ι Волопаса	4,8	4,8	8,3	38	белый	ϕ
κ Волопаса	4,4	4,5	6,7	13	белый, голубоватый	ϕ
μ Волопаса	4,3	4,5	6,7	109	белый, желтый	ϕ
α Геркулеса	2,9—3,7	3,0—4,0	5,4	5	красный, голубоватый	*, ϕ , 2
δ Геркулеса	3,2	3,2	8,0	10	белый, фиолетовый	—
α Гончих Псов	2,8	2,9	5,6	20	желтый, лиловый	*, ϕ
γ Девы	2,9	3,6	3,7	6	желтовато-белый	*, ϕ
γ Дельфины	4,1	4,5	5,5	10	желтый, зеленоватый	*, ϕ
ν Дракона	4,2	5,0	5,0	62	желтый, белый	ϕ
ϕ Змеи	4,1	4,5	5,4	23	желтовато-белый	ϕ
η Кассиопеи	3,6	3,6	7,2	10	желтый, пурпурный	*, ϕ

Название звезды	m	m_1	m_2	ρ	Цвет компонентов	Примечания
α Козерога	—	3,8	4,5	380	желтый	*
β Лебеда	3,1	3,2	5,1	35	оранжевый, голубой	*, ф, 3
β Лиры	3,3—4,2	3,3—4,2	7,8	47	голубовато-белый	*, ф, 3
δ Лиры	4,1—4,5	4,5—5,0	5,5	619	красный, голубов.-белый	4
ϵ Лиры	3,8	4,5	4,7	208	белый	*, ф, 5
ϵ^1 Лиры	4,7	5,1	6,0	3	белый	*, ф
ϵ^2 Лиры	4,5	5,1	5,4	2	белый	*, ф
ζ Лиры	4,1	4,3	5,9	41	белый, желтов.-белый	ф
γ Льва	2,3	2,6	3,1	4	золотисто-желт., зеленов.-желт.	*, ф
ζ Льва	—	3,4	5,9	320	желтый	*, ф
γ Овна	4,0	4,8	4,8	8	белый	*, ф
δ Ориона	2,5	2,5	6,9	53	голубовато-белый	*, ф
θ Ориона	4,2	4,9	4,9	135	голубовато-белый, желтов.-белый	*, ф, 6
θ^1 Ориона	4,9	5,4	6,8	14	голубовато-белый	*, ф, 7
			6,8	22	голубовато-белый	
			7,9	9	голубовато-белый	
θ^2 Ориона	4,9	5,2	6,5	52	желтый, голубовато-белый	*, ф
			7,5	128	голубовато-белый	
ι Ориона	2,8	2,8	7,0	11	белый	ф
σ Ориона	3,8	3,9	7,2	13	белый	*, ф, 8

π Персея	4,1	4,4	6,3	43	голубовато-белый	ф
ε Персея	3,0	3,0	7,0	30	белый	ф
η Персея	3,3	3,3	5,7	570	белый, желтый	*, ф
ι Персея	4,1	4,2	8,2	9	голубоватый, желтый	*, ф, 9
β Скорпиона	2,8	2,9	7,9	28	оранжевый, голубоватый	—
α Скорпиона	2,6	3,1	6,6	30	желтый, голубой	ф, 10
γ Скорпиона	4,2	4,3	5,1	14	белый, зеленов.-желтый	ф
θ Тельца	3,1	3,6	3,6	347	голубовато-белый	ф
κ Тельца	4,0	4,4	6,5	41	голубовато-белый, белый	ф
σ Тельца	4,2	4,8	4,0	337	белый, желтый	ф
δ Цефея	3,5—4,4	3,5—4,4	5,4	340	белый	ф
ε Цефея	4,4	4,6	5,2	435	белый	ф
			7,5	41	желтый, белый	ф
			6,6	7	желтый, голубов.-белый	ф

П р и м е ч а н и я:

1. Физическая двойная звезда; спутник $5,5^m$ — физическая двойная.
2. Главная звезда — неправильная переменная.
3. Тройная; главная звезда — затменная переменная.
4. Главная звезда — переменная.
5. Физическая затменная звезда (ϵ^1 и ϵ^2).
6. Многократная звезда (α^1 и α^2), может быть приращена к рассеянному звездному скоплению.
7. Независимая Трансней Ориона, состоит из 9 звезд, из которых четыре видны в небольшие телескопы.
8. Пятикратная звезда типа Трапеции Ориона.
9. Тройная звезда; спутник $5,1^m$ — двойная звезда.
10. Тройная звезда; спутник $6,5^m$ — двойная звезда.

Таблица 5. СПИСОК ЯРКИХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ

Обозначения: NGC — номер по каталогу Дрейера; М — номер по каталогу Мессье; d — угловой диаметр; n — приблизительное число звезд в скоплении; r — расстояние в световых годах.

NGC	М	d	n	r	Созвездие и положение скопления
Рассеянные звездные скопления					
663	—	11'	80	2570	Посередине между ϵ и ϕ Кассиопеи.
752	—	45	70	3420	Андромеда; на 1/3 расстояния от γ Андромеды к α Треугольника.
869	—	36	350	6200	Персей; h } посередине между δ Кассиопеи и χ γ Персея.
1039	34	42	80	1620	Посередине между β Персея и γ Андромеды.
1912	38	26	150	2800	Посередине между ϕ и ι Возничего.
1960	36	19	60	3600	Возничий; в 2° правее середины линии от θ Возничего до β Тельца.
2099	37	30	270	3600	Возничий; в 2° левее середины той же линии.
Плеяды	45	120	160	440	Телец; «ковшик» к северо-западу от α Тельца; видно невооруженным глазом.
Гиады	—	600	100	150	«Треугольник» рядом с α Тельца; видно невооруженным глазом.
2168	35	40	120	2600	В 2,5° северо-западнее η Близнецов.
2287	41	50	90	1630	На 1/3 расстояния от α к ϵ Большого Пса.
2632	44	90	320	520	В 2° западнее α Рака.
6405	6	25	80	1300	Скорпион; на 1/3 расстояния от γ Стрельца к ϵ Скорпиона.

NGC	M	α	n	r	Созвездие и положение скопления
6475	7	50'	80	820	Скорпион; посередине между κ Скорпиона и γ Стрельца.
6531	21	10	50	4900	В 2° юго-западнее μ Стрельца.
6603	24	12	50	16 000	Стрелец; посередине между γ Щита и μ Стрельца.
6611	16	25	60	5500	Змея; в 2,5° сев.-западнее γ Щита.
7092	39	30	30	910	В 3° севернее ρ Лебеда.
7654	52	18	120	2930	Кассиопея; на 1/3 расстояния от β Кассиопеи к α Цефея.
Шаровые звездные скопления					
5272	3	12	—	30 000	Гонимые Псы; примерно посередине между α Гонимых Псов и α Волопаса.
5904	5	13	—	21 500	В 7° к юго-западу от α Змеи.
6121	4	14	—	19 600	В 1,5° к западу от α Скорпиона.
6205	13	10	—	16 300	На 1/3 расстояния от η к ζ Геркулеса.
6218	12	10	—	14 700	На 1/3 расстояния от ϵ к β Змееносца.
6254	10	10	—	16 300	Посередине между μ и λ Змееносца.
6273	19	7	—	1170	Змееносец; в 7° восточнее α Скорпиона.
6341	92	16	—	25 400	Почти посередине между ι и η Геркулеса.
6656	22	17	—	9100	Почти посередине между σ и μ Стрельца.
7078	15	7	—	27 100	В 3,5° западнее и в 2,5° севернее ϵ Пегаса.
7089	2	8	—	28 700	Водолей; на 1/3 расстояния от α Водолея до θ Орла.

Таблица 2. СПИСОК ЯРКИХ ГАЛАКТИК

Обозначения: NGC — номер по каталогу Дрейера; M — номер по каталогу Мессье; r — расстояние в миллион световых лет.

NGC	M	Созвездие	Видимые размеры	r	Звездная величина	Положение галактик на небе
224	31	Андромеда	200'×90'	2,0	4,8 ^m	В 1,5° к западу от звезды γ .
598	33	Треугольник	83×53	2,0	6,7	На 1/3 расстояния от α Треугольника к β Андромеды.
3031	81	Б. Медведица	35×14	10,4	7,9	Вправо от звезды λ Дракона и правее α Б. Медведицы. Вместе с этими звездами составляют равнобедренный прямоугольный треугольник; вершиной является λ Дракона.
3024	82	Б. Медведица	7×4	10,4	8,8	В 10° к северо-западу от α Большой Медведицы.
3627	65	Лев	14×7	27,4	8,4	Посередине между ϕ и ι Льва.
4258	105	Гончие Псы	24×6	32,6	8,6	Почти посередине между γ Б. Медведицы и α Гончих Псов.
4472	49	Дева	12×11	45,0	8,6	К юго-западу от ϵ Девы. Вместе с ϵ и δ Девы образует равнобедренный треугольник.
4534	104	Дева	12×11	45,0	8,7	В 10° западнее α Девы.
4736	91	Гончие Псы	15×13	32,6	7,9	В 3,5° от α Гончих Псов в сторону δ Большой Медведицы.
4826	61	Волосы Вероники	12×8	32,6	8,8	В 5° северо-западнее α Волос Вероники.
5194	51	Гончие Псы	14×10	22,8	8,1	В 4° от η Большой Медведицы в сторону α Гончих Псов.

Таблица 7. СПИСОК ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД ДЛЯ НАЧАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Обозначения: m — звездная величина в максимуме и минимуме блеска; P — период переменности в сутках (д), часах (ч) и минутах (м); в квадратных скобках приведены звезды сравнения и их звездная величина.

Загменные переменные звезды

β Персея: $m = 2,2^m - 3,5^m$; $P = 2,867^d = 2^d 20^h 40^m$ [α Персея $1,9^m$; α Андромеды $2,2^m$; δ Кассиопеи $2,8^m$; δ Персея $3,1^m$; α Треугольника $3,6^m$; γ Персея $3,9^m$].

λ Тельца: $m = 3,8^m - 4,2^m$; $P = 3,953^d = 3^d 22^h 52^m$ [ϵ Тельца $3,6^m$; δ Тельца $3,9^m$; μ Тельца $4,3^m$; π Тельца $4,9^m$].

β Лиры: $m = 3,3^m - 4,2^m$; $P = 12,937^d = 12^d 22^h 29^m$ [δ Лебедя $3,0^m$; μ Геркулеса $3,5^m$; ι Геркулеса $3,8^m$; ξ Лиры $4,1^m$; η Лиры $4,5^m$].

Переменные звезды — цефеиды

δ Цефея: $m = 3,5^m - 4,4^m$; $P = 5,366^d = 5^d 8^h 47^m$ [δ Дракона $3,2^m$; γ Цефея $3,4^m$; η Цефея $3,6^m$; ϵ Дракона $4,0^m$; ϵ Цефея $4,2^m$; π Цефея $4,6^m$].

ζ Близнецов: $m = 3,6^m - 4,1^m$; $P = 10,151^d = 10^d 3^h 37^m$ [ϵ Близнецов $3,2^m$; δ Близнецов $3,6^m$; ι Близнецов $3,9^m$; ρ Близнецов $4,2^m$; τ Близнецов $4,5^m$].

η Орла: $m = 3,5^m - 4,3^m$; $P = 7,177^d = 7^d 4^h 14^m$ [δ Лебедя $3,2^m$; θ Орла $3,4^m$; β Дельфина $3,7^m$; ϵ Орла $4,2^m$; β Стрелы $4,5^m$].

Долгопериодические переменные

α Кита (Мира, или Дивная): $m = 2,0^m - 10,1^m$; $P = 332^d$; R Треугольника: $m = 5,5^m - 12,6^m$; $P = 266^d$; U Ориона: $m = 5,3^m - 12,6^m$; $P = 372^d$; R Льва: $m = 4,4^m - 11,3^m$; $P = 312^d$; R Гидры: $m = 4,0^m - 10,0^m$; $P = 390^d$; χ Лебедя: $m = 3,3^m - 14,2^m$; $P = 407^d$; T Цефея: $m = 5,4^m - 11,0^m$; $P = 388^d$.

Таблица 8. ГЛАВНЫЕ МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	Период активности	Дата максимума	Ближайшая к радианту яркая звезда
Квадрантиды	1—4 января	3 января	ε Дракона
Лириды	19—24 апреля	22 апреля	α Лиры
Майские Аквариды	1—8 мая	3 мая	α и γ Водолея
Кассиопеиды	17 июля—15 авг.	28 июля	β и γ Кассиопеи
Дельта-Аквариды	15 июля—18 авг.	27 июля	δ Водолея
Персеиды	25 июля—17 авг.	13 августа	α Персея
Дракониды	8—10 октября	9 октября	β и γ Дракона
Ориониды	18—26 октября	21 октября	γ Близнецов
Леониды	14—20 ноября	18 ноября	γ Льва
Геминиды	7—15 декабря	14 декабря	α Близнецов
Урсиды	17—24 декабря	22 декабря	β и γ Малой Медведицы

Таблица 9. КРУПНЫЕ ДЕТАЛИ ВИДИМОГО ПОЛУШАРИЯ ЛУНЫ

(сохранена общепринятая нумерация; см. вкладки 3 и 4)

1. Ньютон	58. Пикколомини	109. Альбатерний	175. Геродот
4. Манзин	59. Понтан	110. Альфонс	176. Аристарх
5. Морет	61. Альяцен	111. Птолемей	180. Витрувий
12. Бланкан	62. Вернер	119. Гиппарх	182. Макробий
13. Клавий	63. Питат	120. Летрон	183. Клеомед
14. Шейнер	68. Лагранж	125. Гримальди	184. Ремер
18. Неарх	69. Виета	126. Флэмстид	186. Посидоний
19. Влакк	73. Пурбах	127. Ландсберг	189. Автолик
22. Магин	74. Лакайль	129. Деламбр	191. Архимед
24. Шиллер	77. Сакробоско	139. Рейнгольд	192. Тимохарис
28. Шиккард	78. Фракастор	141. Гевелий	193. Ламберт
29. Вильгельм	80. Пеставий	142. Риччолл	199. Аристилл
30. Тихо	84. Арзахель	145. Рейнер	200. Кассини
32. Штефлер	86. Буллиальд	146. Кеплер	201. Гаусс
33. Мавролик	88. Кавендиш	147. Коперник	208. Евдокс
35. Фабриций	89. Мерсенн	148. Стадий	209. Аристотель
36. Меций	90. Гассенди	153. Тарунций	210. Платон
46. Гаурик	95. Катарина	160. Боскович	211. Пико
48. Вальтер	96. Кирилл	164. Кондорсе	220. Пифагор
50. Риччи	97. Теофил	167. Манилий	224. Гертнер
51. Рейта	99. Венделин	168. Эратосфен	227. Эндимион
52. Фурнерий	100. Лангрэн	170. Майер	228. Атлас
53. Стевин	102. Гуттенберг	171. Марий	229. Геркулес

- Воронцов-Вельяминов Б. А.* Очерки о Вселенной. — 8-е изд. — М.: Наука, 1980.
- Гуриштейн А. А.* Извечные тайны неба. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 1984.
- Ефремов Ю. И.* В глубины Вселенной. — 3-е изд. — М.: Наука, 1984.
- Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. — 7-е изд. — М.: Наука, 1987.
- Бронштэн В. А.* Беседы о космосе и гипотезах. — М.: Наука, 1968.
- Бронштэн В. А.* Гипотезы о звездах и Вселенной. — М.: Наука, 1974.
- Агекян Т. А.* Звезды, галактики, Метагалактика. — 3-е изд. — М.: Наука, 1981.
- Уитни Ч.* Открытие нашей Галактики. — М.: Мир, 1975.
- Каплан С. А.* Физика звезд. — 3-е изд. — М.: Наука, 1977.
- Псковский Ю. П.* Новые и сверхновые звезды. — 2-е изд. — М.: Наука, 1985.
- Шкловский И. С.* Звезды, их рождение, жизнь и смерть. — 3-е изд. — М.: Наука, 1984.
- Дагаев М. М.* Книга для чтения по астрономии. — М.: Просвещение, 1980.
- Левитан Е. П.* Астрофизика школьникам. — М.: Просвещение, 1977.
- Климишин И. А.* Астрономия вчера и сегодня. — Киев: Наукова думка, 1977.
- Климишин И. А.* Астрономия наших дней. — 3-е изд. — М.: Наука, 1986.
- Зигель Ф. Ю.* Сокровища звездного неба. — 5-е изд. — М.: Наука, 1986, 1987.
- Рей Г.* Звезды. — М.: Мир, 1969.
- Цесевич В. П.* Что и как наблюдать на небе. — 6-е изд. — М.: Наука, 1984.
- Дагаев М. М.* Солнечные и лунные затмения. — М.: Наука, 1978.
- Рябов Ю. А.* Движения небесных тел. — 4-е изд. — М.: Наука, 1977.
- Демин В. Г.* Судьба Солнечной системы. — 2-е изд. — М.: Наука, 1975.
- Гребеников Е. А., Рябов Ю. А.* Поиски и открытия планет. — 2-е изд. — М.: Наука, 1984.
- Маров М. Я.* Планеты Солнечной системы. — 2-е изд. — М.: Наука, 1986.

- Ксанфомалити Л. В.* Планеты, открытые запово. — М.: Наука, 1978.
- Симонянко А. Н.* Астеронды, или тернистые пути исследований. — М.: Наука, 1985.
- Шевченко В. В.* Луна и ее наблюдение. — М.: Наука, 1983.
- Бронштэн В. А.* Планеты и их наблюдение. — 2-е изд. — М.: Наука, 1979.
- Чурюмов К. И.* Кометы и их наблюдение. — М.: Наука, 1980.
- Беляев Н. А., Чурюмов К. И.* Комета Галлея и ее наблюдение. — М.: Наука, 1985.
- Цесевич В. П.* Переменные звезды и их наблюдение. — М.: Наука, 1980.
- Бронштэн В. А.* Серебристые облака и их наблюдение. — М.: Наука, 1984.
- Навашин М. С.* Телескоп астронома-любителя. — 3-е изд. — М.: Наука, 1975.
- Сикорук Л. Л.* Телескопы для любителей астрономии. — М.: Наука, 1982.
- Куликовский П. Г.* Справочник любителя астрономии. — 4-е изд. — М.: Наука, 1971.
- Михайлов А. А.* Звездный атлас. Четыре карты звездного неба. — 4-е изд. — М.; Л.: Наука, 1978.
- Астрономический календарь-ежегодник ВАГО.* — М.: Наука. — Издаётся ежегодно.
- Школьный астрономический календарь.* — М.: Просвещение. — Издаётся ежегодно.
- Журнал «Земля и Вселенная».* — М.: Наука. — Издаётся 6 номеров в год.

АДРЕСА НАИБОЛЕЕ КРУПНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ВСЕСОЮЗНОГО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА ПРИ АКАДЕМИИ НАУК СССР

- По этим адресам любители астрономии могут обращаться за помощью в проведении научных наблюдений.
- Азербайджанское* — 370000 Бакв, Центральный почтамт, а/я 77.
- Алма-атинское* — 480068 Алма-Ата, Каменское плато, Астрофизический институт.
- Армянское* — 375019 Ереван, ул. Барскамутиян, д. 21, Президиум Академии наук АрмССР.
- Горьковское* — 603000 Горький, Главный почтамт, а/я 24.
- Казанское* — 422526 Зеленодольский район, ст. «Обсерватория», Астрономическая обсерватория им. Энгельгардта.
- Киевское* — 252053 Киев, Обсерваторная ул., д. 3, Астрономическая обсерватория КГУ.
- Киргизское* — 720071 Фрунзе, Ленинский проспект, д. 265а, Институт физики и математики.
- Кишиневское* — 277004 Кишинев, ул. Ленина, д. 164а, Планетарий.
- Латвийское* — 226098 Рига 98, а/я 202.
- Ленинградское* — 199164 Ленинград-164, а/я 411.
- Литовское* — 232024 Вильнюс, ул. Басанавичюс, д. 4, Планетарий.
- Минское* — 220027 Минск, Ленинский проспект, д. 65, корп. 3, комн. 305, Белорусский политехнический институт.

Московское — 103001 Москва, Садовая-Кудринская ул., д. 24.
Одесское — 270014 Одесса, парк Шевченко, д. 10, Астрономическая обсерватория ОдГУ.
Ростовское — 344022 Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, д. 162, Ростовский инженерно-строительный институт, кафедра геодезии.
Рязанское — 390000 Рязань, ул. Свободы, д. 46, Педагогический институт, станция наблюдений ИСЗ.
Свердловское — 620062 Свердловск, ул. Первомайская, д. 74, Инспекция Госгеонадзора
Таджикское — 734042 Душанбе, ул. Свириденко, д. 22, Институт астрофизики.
Тбилисское — 380060 Тбилиси, ул. Павлова, д. 2а, Городская лаборатория Абастуманской обсерватории.
Туркменское — 744000 Ашхабад, ул. Гоголя, д. 16, Институт физики Земли и атмосферы
Узбекистанское — 700052 Ташкент, ул. Астрономическая, д. 33, Астрономический институт.
Эстонское — 200016 Таллин, ул. Тяхеторин, д. 2.
Ярославское — 150000 Ярославль, ул. Трефолева, д. 20, Планетарий.

Михаил Михайлович ДАГАЕВ

НАБЛЮДЕНИЯ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Редактор *Г. С. Куликов*

Художественный редактор *Т. Н. Кольченко*

Технический редактор *В. Н. Кондакова*

Корректоры *Е. Ю. Рычагова, М. Н. Дронова*

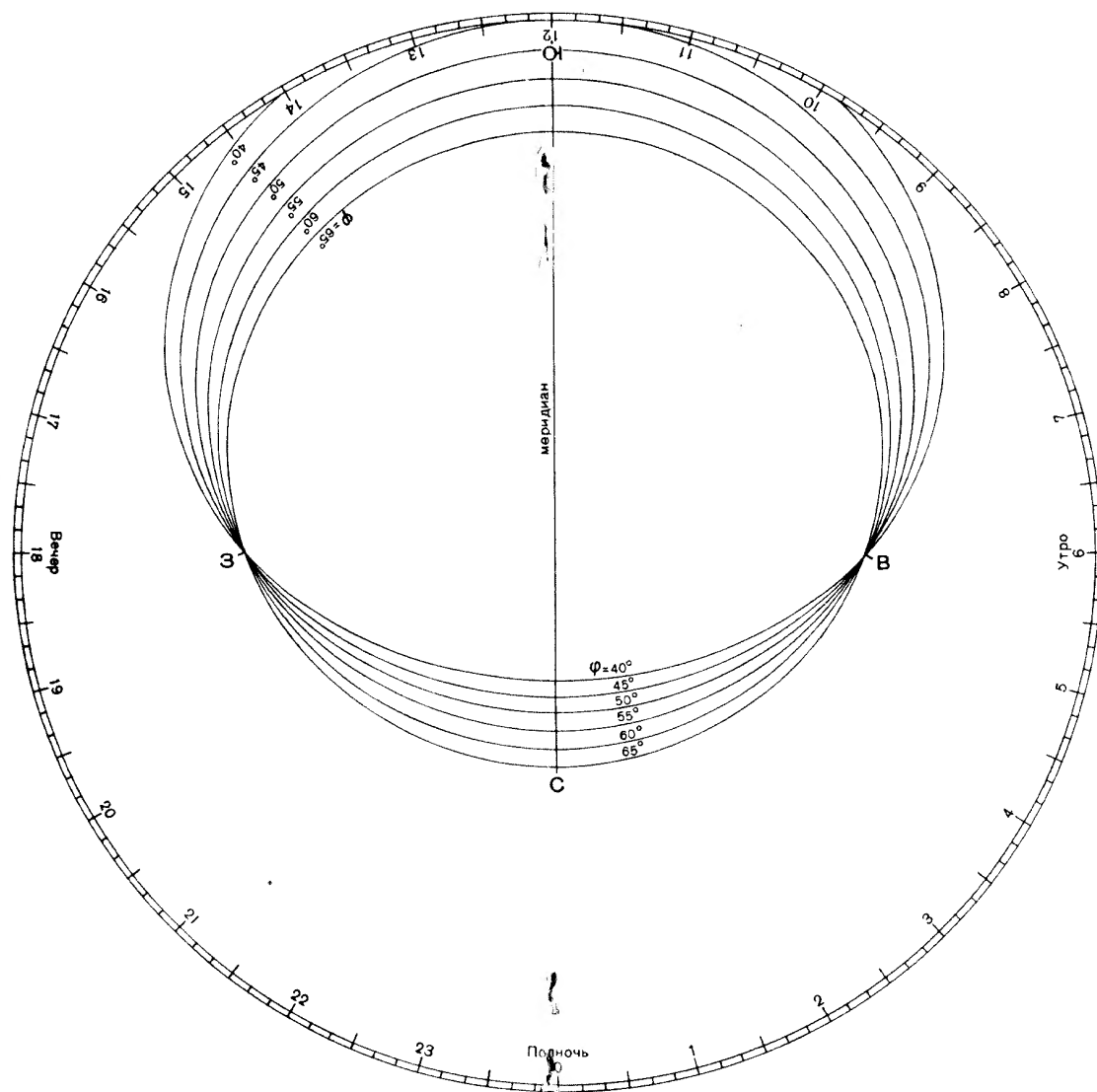
ИБ № 32477

Сдано в набор 01.06.87. Подписано к печати 11.12.87. Т-24275.
Формат 84×108/32. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 9,76. Усл. кр.-отг. 9,92.
Уч.-изд. л. 9,59. Тираж 123 000 экз. Заказ № 612. Цена 40 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
Главная редакция физико-математической литературы
117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена
Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения
«Техническая книга» имени Евгении Соколовой Союзполи-
графпрома при Государственном комитете СССР по делам
издательства, полиграфии и книжной торговли. 198054,
Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29

НАКЛАДНОЙ КРУГ К КАРТЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА



ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

